No 2 / 1983

Canada Agriculture

Wheat yields—page 4
Récolte du blé—page 4

CANADA AGRICULTURE CANADA
CENTRAL LIBRARY
BIBLIOTHÈQUE CENTRALE
CARLING BLDG.
OTTAWA ONTARIO
CANADA K1A 0C5
BIBLIOTHÈQUE CANADIENNE DE L'AGRICULTURE

Canada Agriculture

Volume 29 No. 2

CANADA AGRICULTURE is published quarterly to inform extension workers and agribusinessmen of developments in research and other federal agricultural responsibilities.

Any article may be reproduced without special permission provided the source is given credit. If excerpts only are to be used, authors' permission should be obtained.

Reprinted articles must not be associated with advertising material. The use of trade names published in this journal implies no endorsement of the products named nor any criticism of similar products not mentioned.

Contributors may submit articles in either English or French to the Secretary, Editorial Board, Communications Branch, Agriculture Canada, Ottawa K1A 0C7.

CANADA AGRICULTURE est une revue trimestrielle qui renseigne les vulgarisateurs et représentants du négoce agricole sur les développements de la recherche et des autres services agricoles du gouvernement fédéral.

La reproduction des articles est permise en indiquant l'origine. Pour reproduire des passages, l'autorisation de l'auteur est nécessaire.

Les articles reproduits ne doivent pas servir à des fins de réclame. La mention de marques de fabrique ne signifie pas que la revue garantit ces produits ni qu'elle déconseille d'autres produits non mentionnés.

Les articles en anglais ou en français doivent être adressés au secrétaire du Comité de rédaction, La Direction générale des communications, Agriculture Canada, Ottawa K1A 0C7.

Agriculture Canada

Hon. Eugene Whelan,
Minister Ministre

J.P. Connell,
Deputy Minister Sous-ministre

PROFILE / PAGE 3

FEATURES / PAGE 4

Long-term rotation records reveal improved yields / page 4

Beef cattle: confinement husbandry / page 8

Assessing soil structure degradation by field observation / page 12

UPDATE / PAGE 16

Detection of freezing injury in frozen plants / page 16

Peripheral trapping of orchard insects / page 18

Weather factors and fusarium head blight in wheat / page 20

Bacterial viruses active against beef spoilage bacteria / page 23

Strawberry and raspberry fruit rot control in British Columbia / page 26

Grazing resistance of pinegrass / page 29

Wind power for Canadian agriculture / page 34

ECHOES / PAGE 36

Cover Photo
Harvesting at sunset

PROFIL / PAGE 3

ARTICLES DOCUMENTAIRES / PAGE 5

Les registres d'assolement indiquent une amélioration des rendements / page 5

Élevage et claustration des bovins de boucherie / page 9

Évaluation de la structure du sol par observations sur le terrain / page 13

MISE À JOUR / PAGE 16

Détection des dégâts causés par le gel chez les plantes / page 16

Piégeage périphérique des insectes ravageurs des vergers / page 18

Facteurs météorologiques et brûlure fusarienne de l'épi du blé / page 20

Les virus bactériens actifs contre les bactéries responsables de l'altération du bœuf / page 23

Lutte contre la pourriture du fruit du fraisier et du framboisier en C.-B. / page 26

Résistance à la paissance du calamagrostide rougissant / page 29

L'énergie éolienne au service de l'agriculture canadienne / page 34

ÉCHOS / PAGE 37

Photo de la couverture
Moisson au couchant

Vancouver (B.C.) Research Station

The research station at Vancouver was established in 1961, when virus chemistry and physiology, plant pathology, entomology, and pedology units were consolidated in a new building on the campus of the University of British Columbia. The station is the main center for plant virus research in Canada, and is considered to be a world class laboratory for studies on plant viruses and virus diseases. In addition, the station services primarily the coastal areas of British Columbia on problems of insects and plant diseases in agricultural crops, although its expertise in entomology, nematology and bacteriology are made available throughout the province for the solution of specific problems.

The main building contains laboratories, a good library, a photographic studio and darkroom, and a workshop. A series of temperature-controlled rooms allows for temperature ranges from −23°C to 15°C. The electron microscopy center, with its special virology equipment, serves not only the station scientists, but also scientists from other research station in B.C. and Alberta, as well as faculty and graduate students at the University of B.C. The station's plant virus research program encompasses a wide range of special virus-related studies.

The Plant Pathology and Entomology sections are also well provided with specialized equipment and facilities. Attached to the Entomology Section is a fully equipped pesticide residue analytical laboratory, which is used in conjunction with development of integrated pest management programs for insect, mite, and nematode pests of horticultural crops.

Station de recherches de Vancouver (C.-B.)

La Station de recherches de Vancouver a été fondée en 1961 avec la fusion des sous-sections de la chimie et de la physiologie des virus, de la phytopathologie, de l'entomologie et de la pédologie en un nouvel édifice situé sur le campus de l'Université de la Colombie-Britannique. Elle constitue le principal centre de recherches en virologie des végétaux au Canada et a acquis une réputation internationale pour l'étude des virus des plantes et la virologie en général. De plus, la station se consacre principalement, pour le compte des régions côtières de la Colombie-Britannique, à l'examen des problèmes occasionnés par les insectes et les maladies dans les cultures, bien qu'elle mette sa compétence en entomologie, en nématologie et en bactériologie au service de toute la province pour résoudre des problèmes spéciaux.

L'édifice principal loge les laboratoires, une bonne bibliothèque, un studio de photographie, une chambre noire et un atelier. Une série de chambres à température contrôlée permet de faire varier la température entre −23°C et 15°C. Le centre de microscopie électronique, avec son matériel de virologie perfectionné, sert, non seulement aux chercheurs de la station, mais aussi aux scientifiques des autres stations de recherches de la Colombie-Britannique et de l'Alberta, de même qu'aux étudiants du baccalauréat et des cycles supérieurs à l'université même.

Les sections de la phytopathologie et de l'entomologie sont, elles aussi, bien dotées en matériel et installations spécialisés. Annexé à la section de l'entomologie, on trouve un laboratoire d'analyse des résidus de pesticides entièrement équipé, que l'on utilise en rapport avec l'élaboration des programmes de lutte dirigée contre les ravageurs.

Main building, Vancouver Research Station

Immeuble principal, Station de recherches de Vancouver

Dr. M. Weintraub, Director

Le docteur M. Weintraub, directeur

Long-term rotation records reveal improved yields

S. Freyman, C. J. Palmer,
E. H. Hobbs, J. F. Dormaar,
and J. R. Moyer

Wheat yields and moisture-use efficiency on historic dryland rotations at the Lethbridge Research Station have increased during the past 19 years. The trends were determined by studying records maintained since 1912 on rotations A (continuous wheat), B (wheat-fallow), and C (wheat-wheat-fallow). The increase in yield was more pronounced on fallow than on stubble and occurred with or without the use of fertilizer. Yield and soil data reported here are from rotations A and B only.

Wheat yield trends in Alberta and across the prairies have followed a similar pattern of increase during the past two decades. Yield trends reflect changes in both natural and cultural conditions. To understand why wheat productivity increased, we examined detailed records of changes in weather, soil conditions, cultivars and technology.

We began by searching our records of the changing cultural practices used on the rotations and the problems encountered over the years. The practices were essentially those recommended to, and generally accepted by, farmers. These included plowing until the early 1920s, discing and frequent cultivations during the 1930s, and stubble mulch farming (blading) since 1939. With the advent of the blade tractors came into use for most tillage operations, which have remained essentially the same to the present. Nevertheless, small but significant improvements have been made to the implements to permit better depth control, faster speed of operation, and fewer cultivations in the spring before seeding.

Until 1943, harvesting was done with a horse-drawn binder and the grain and straw were removed from the plots. Since the introduction of combines, all straw produced on a field has been returned and spread during harvest.

During the 1920s and 1930s the most common problem weeds were Russian thistle, lamb's-quarter, pigweed, and wild mustard. Since 1950, when 2,4-D ester was first used, there have been few references in our records to these weeds. In the past few years, several newer, broadleaf herbicides such as dicamba and bromoxynil have been used. With the advent of 2,4-D and other broadleaf weed herbicides, the weed problem shifted from broadleaf species to wild oats, for which there was no effective control until 1961. Consequently, from 1956 to 1963, serious problems were encountered with wild oats. Green foxtail was a minor problem. Wild oats were eventually controlled with triallate (since 1961) and whenever they were detected, green foxtail with diclofop methyl since 1976.

During the entire 60-year period, soil nitrogen declined while soil pH increased. The organic carbon levels dropped steadily from 1910 until 1922, and increased to near the original levels by 1980 (Table 1). This increase was probably due to three factors: the introduction (in 1943) of combine harvesters that returned the straw to the field

Stubble mulch farming on the rotation was started in 1939 when, for the first time, a Noble blade was used for summerfallowing.

La culture en déchaumage partiel dans les assolements a commencé en 1939 quand, pour la première fois, un cultivateur à lames Noble a été utilisé pour la jachère.

Les registres d'assolement à long terme indiquent une amélioration des rendements

S. Freyman, C. J. Palmer,
E. H. Hobbs, J. F. Dormaar
et J. R. Moyer

Les rendements en blé et l'efficacité de l'utilisation de l'eau dans les parcelles non irriguées de la Station de recherches de Lethbridge ont progressé au cours des 19 dernières années. Cette tendance ressort de l'étude des registres tenus depuis 1912 sur les assolements A (blé en culture continue), B (blé-jachère) et C (blé-blé-jachère). L'augmentation de rendement a été plus marquée sur les jachères que sur les chaumes, et elle s'est révélée indépendante de l'emploi d'engrais. Les rendements et les données pédologiques présentés ici proviennent uniquement des assolements A et B.

Les rendements en blé de l'Alberta et de l'ensemble des Prairies ont suivi, au cours des deux dernières décennies, une tendance à la hausse comparable, qui traduit des changements à la fois dans les conditions naturelles et les pratiques culturales. Afin de comprendre pourquoi la productivité des emblavures s'est accrue, nous avons examiné les registres détaillés des variations dans les conditions météorologiques et pédologiques, dans l'utilisation des cultivars et de la technologie.

La première étape a consisté à fouiller nos registres où sont consignés l'évolution des pratiques culturales et les problèmes éprouvés au fil des ans. Pour l'essentiel, les pratiques en usage étaient celles recommandées aux agriculteurs et généralement acceptées par eux. Elles comprennent le labour jusqu'au début des années 1920, le disquage et le travail du sol fréquents au cours des années 1930, et la culture en déchaumage partiel depuis 1939. Avec l'avènement du cultivateur à lames, les tracteurs ont été utilisés pour la plupart des opérations de travail du sol, lesquelles sont demeurées essentiellement les mêmes jusqu'à aujourd'hui. Néanmoins, au fil des ans, on a apporté des améliorations légères mais judicieuses aux instruments aratoires afin de permettre un meilleur contrôle de la profondeur, d'accélérer les travaux ou de réduire les opérations de travail du sol au printemps, avant le semis.

Jusqu'en 1943, la récolte était effectuée à l'aide d'une faucheuse-lieuse tirée par un cheval, et on ramassait à la fois le grain et la paille. Depuis l'introduction des moissonneuses-batteuses, toute la paille produite est retournée au sol au moment de la récolte.

Les mauvaises herbes les plus communes au cours des années 1920 et 1930 étaient la soude commune, le chiendent, l'amarante et la moutarde des champs. Depuis 1950, année où l'ester du 2,4-D fut utilisé pour la première fois, il est rarement fait mention de ces mauvaises herbes dans nos registres. En outre, au cours des quelques dernières années, plusieurs nouveaux herbicides pour dicotylédones, tels que le dicamba et le bromoxynil, ont fait leur apparition, si bien que le problème causé par ces mauvaises herbes a été remplacé par celui de la folle avoine, adventice pour laquelle il n'existait aucun moyen de lutte jusqu'en 1961. Les infestations ont été particulière-

A combine was first used on the rotation in 1943 and, since then, all straw produced on a field has been returned and spread during harvest.

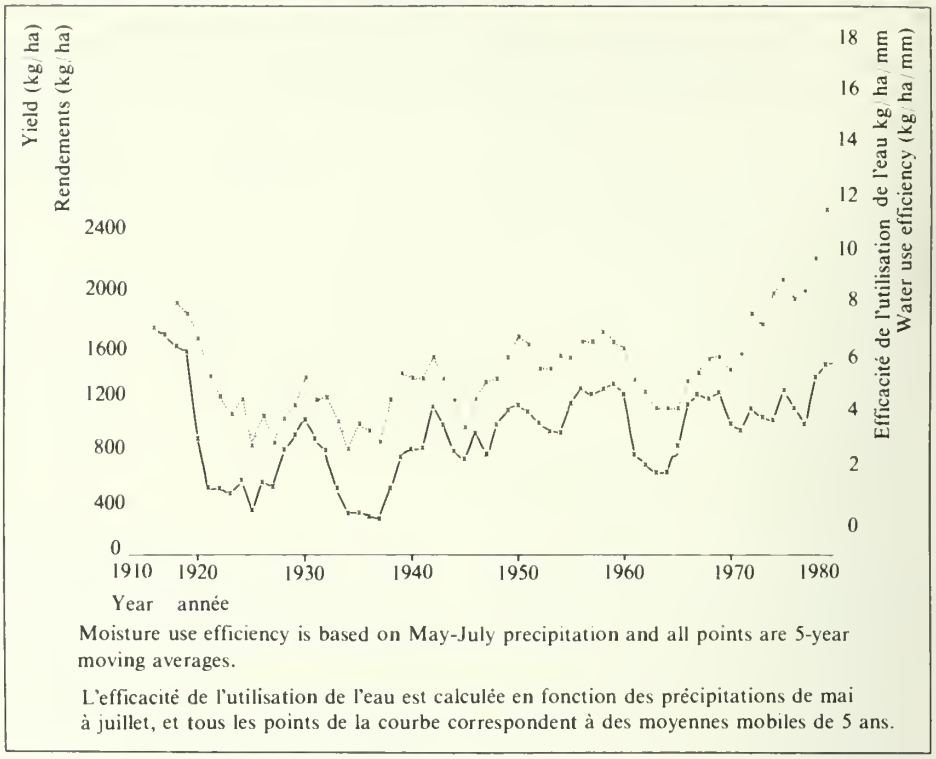
Une moissonneuse-batteuse a été utilisée pour la première fois dans les assolements en 1943 et, depuis, toute la paille produite est restituée au sol au moment de la récolte.

during harvest; the reduction in the number of tillage operations, made possible by chemical weed control; and an increase in root and straw mass associated with increasing yield trends.

Wheat yields varied widely from year to year, mainly because of wide fluctuations in moisture supply (Fig. 1). No trend in mean temperature or precipitation could be detected for the entire period, nor were there climatic trends during the period of increased yields (1963-1980). Consequently, climatic changes did not account for the increased yield. Since increased yields were sustained during a period of slightly declining precipitation, moisture use efficiency improved markedly, particularly when the wheat was grown on fallow.

Cultivar improvement could account for part of the yield trend. However, the increased yields did not coincide with a change in cultivar, which in the mid-1960s was Chinook. Chinook is a lower yielder than Rescue, the sawfly-resistant cultivar previously grown in the rotation. Cultivar yields were calculated relative to Marquis, grown from 1914-1950. Neepawa and Chester, significantly higher-yielding cultivars than Marquis, were grown for eight of the past 17 years. For the remainder of the period the cultivars were only marginally better than Marquis.

The upward yield trend coincided with greater control of both broadleaf weeds and wild oats by new herbicides. We therefore conclude that the main factor contributing to the increase in wheat yields since the mid-1960s was improved weed control. Not only was competition for moisture and nutrients reduced, but more effective herbicides eliminated the need for numerous spring cultivations. Thus, surface soil moisture was conserved and earlier and shallower seeding into a moist seedbed was possible. Since wheat yields across the Prairies have followed a similar upward trend beginning about the same time, we believe that improvements in weed control are mainly responsible for the general increase in wheat productivity.



Moisture use efficiency is based on May-July precipitation and all points are 5-year moving averages.

L'efficacité de l'utilisation de l'eau est calculée en fonction des précipitations de mai à juillet, et tous les points de la courbe correspondent à des moyennes mobiles de 5 ans.

Figure 1A. Long-term yield and moisture use efficiency trends of wheat grown under rotation system A (continuous wheat).

Figure 1A. Tendances à long terme des rendements et de l'efficacité de l'utilisation de l'eau dans l'assolement A de blé (culture continue).

With new herbicides, it is now possible to control grassy and broadleaf weeds. Consequently, there has been little competition from weeds for the past few years.

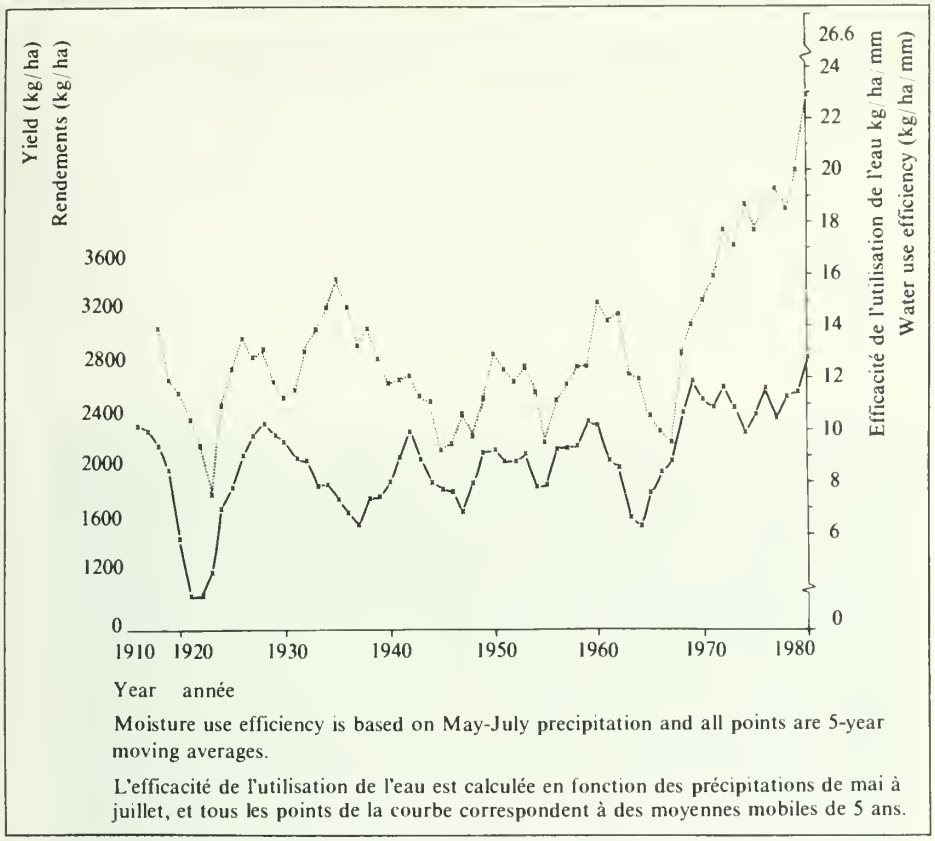
Avec l'avènement des nouveaux herbicides, il est maintenant possible d'éliminer les mauvaises herbes graminées et dicotylédones. Par conséquent, le blé souffre peu de la concurrence des mauvaises herbes depuis quelques années.

Table 1. Changes in total N, pH, and organic matter over the years on dryland spring wheat rotations at the Lethbridge Research Station. Rotation A is continuous wheat and rotation B is wheat-fallow.

	Total N (%)		pH		Organic carbon (%)	
Year	A	B	A	B	A	B
1910	0.20	0.17	7.1	7.0	2.1	2.2
1940	0.15	0.14	7.4	7.4	1.6	1.5
1980	0.15	0.13	7.6	7.7	2.1	1.9

This study was made possible by early researchers who had the foresight to establish these rotations, and by their successors who continued to manage the fields and to periodically sample and preserve the soil.

S. Freyman, E. H. Hobbs, J. F. Dormaar and J. R. Moyer are research scientists at the Agriculture Canada Research Station, Lethbridge, Alberta. C. J. Palmer, a soil scientist formerly with the Lethbridge Research Station, is now in the Earth Sciences Division of Alberta Environment, Lethbridge, Alta.



Moisture use efficiency is based on May-July precipitation and all points are 5-year moving averages.

L'efficacité de l'utilisation de l'eau est calculée en fonction des précipitations de mai à juillet, et tous les points de la courbe correspondent à des moyennes mobiles de 5 ans.

Figure 1B. Long-term yield and moisture use efficiency trends of wheat grown under rotation system B (wheat-fallow).

Figure 1B. Tendances à long terme des rendements et de l'efficacité de l'utilisation de l'eau dans l'assolement B de blé (rotation blé-jachère)

ment graves de 1956 à 1963. La sétaire verte représentait un problème de moindre envergure. Le triallate a finalement permis d'enrayer la folle avoine (depuis 1961), et le diclofop méthyl, de tenir en respect la sétaire verte (depuis 1976).

Tout au long de cette période de 60 ans, la teneur en azote du sol a diminué, pendant que son pH augmentait. Les teneurs en carbone organique ont diminué de façon soutenue de 1910 à 1922, puis se sont mises à croître pour pratiquement atteindre les teneurs originales en 1980 (Tableau 1). Ce phénomène est probablement attribuable à trois facteurs: l'introduction (en 1943) de moissonneuses-batteuses retournant la paille au sol au moment de la récolte, la réduction du nombre d'opérations de travail du sol rendue possible par le désherbage chimique, et un accroissement du volume de racines et de paille résultant de l'amélioration des rendements.

Tableau 1. Variations à long terme du pH et des teneurs totales en azote et en matière organique dans les assolements de blé de printemps non irrigués de la Station de recherches de Lethbridge. L'assolement A correspond à une culture continue de blé et l'assolement B à une culture de blé sur jachère.

	Teneur totale					
	en azote (%)		en pH		en Carbone organique (%)	
Année	A	B	A	B	A	B
1910	0,20	0,17	7,1	7,0	2,1	2,2
1940	0,15	0,14	7,4	7,4	1,6	1,5
1980	0,15	0,13	7,6	7,7	2,1	1,9

Les rendements en blé ont varié considérablement d'une année à l'autre, en raison surtout des fortes fluctuations de l'apport d'eau (Figure 1). On n'a décelé aucune tendance particulière des températures ou précipitations moyennes sur l'ensemble de la période, ni aucune tendance climatique au cours de la période de progression des rendements (1963-1980). On ne saurait donc invoquer ce facteur pour expliquer l'amélioration de la productivité. Comme celle-ci s'est maintenue au cours d'une période où les précipitations ont légèrement diminué, il faut croire que l'efficacité de l'utilisation de l'eau s'est sensiblement accrue, en particulier lorsque le blé était cultivé sur jachère.

La tendance à la hausse des rendements pourrait être imputée en partie à l'amélioration des cultivars. Toutefois, elle n'a pas coïncidé avec un changement de cultivar. Chinook était celui qu'on utilisait vers le milieu des années 1960 et son rendement était inférieur à celui de Rescue, cultivar résistant aux tenthrèdes antérieurement cultivé à la Station. On a calculé les rendements des divers cultivars en regard de Marquis, cultivé de 1914 à 1950. Neepawa et Chester, dont les rendements sont nettement supérieurs à ceux de Marquis, ont été cultivés pendant 8 des 17 dernières années. Pour le reste de la période, les cultivars utilisés n'étaient que légèrement supérieurs à Marquis.

L'amélioration des rendements en blé a coïncidé avec un meilleur enraiement à la fois des mauvaises herbes dicotylédones et de la folle avoine grâce aux nouveaux herbicides. Nous concluons donc que le principal facteur ayant contribué à cette hausse de productivité depuis le milieu des années 1960 a été l'avènement d'herbicides plus efficaces qui non seulement ont réduit la concurrence des mauvaises herbes pour l'eau et les éléments nutritifs, mais également éliminé le besoin de procéder à de nombreuses opérations de travail du sol au printemps. De cette façon, l'humidité superficielle du sol a été conservée, ce qui a permis de semer le blé plus tôt dans une couche de semis peu profonde et humide. Étant donné que les rendements en blé à travers les Prairies ont suivi une tendance analogue à peu près vers la même époque, nous croyons que les progrès réalisés dans la lutte contre les mauvaises herbes sont principalement responsables de l'accroissement général de la productivité du blé.

La présente étude a été rendue possible par les premiers chercheurs qui ont eu l'idée d'établir ces assolements, et par leurs successeurs qui ont continué à entretenir les champs et à effectuer périodiquement des relevés afin de conserver les sols en bon état.

S. Freyman, E. H. Hobbs, J. F. Dormarr et J. R. Moyer sont chercheurs à la Station de recherches d'Agriculture Canada à Lethbridge (Alb.). C. J. Palmer, pédologue anciennement rattaché à la même station de recherches, fait maintenant partie de la Division des sciences du sol du ministère albertain de l'Environnement à Lethbridge (Alb.).

Beef cattle: Confinement husbandry

J.A. Bradley

Although it is hard to determine when the domestication of food animals began, it is apparent that the Egyptians used ox-drawn plows some 7000 years ago and it is claimed that the first agricultural revolution started 3000 years before that. Intensification of livestock production has continued since. With the advent of the industrial revolution and with the application of advances in science and technology during the last 30 years, tremendous strides have been made in the production of animal protein for human consumption.

It would be foolish to argue that animal protein in general, and beef in particular, is indispensable to human health. On the other hand, special skills are required to balance a vegetarian's diet. If animal protein production were to fall precipitously, the price of meat would rise accordingly, mainly to the detriment of the health of socioeconomically disadvantaged people.

In the United States it has been estimated that, even if grains were no longer fed to livestock and only current pastures and grazed forest ranges were available, total animal protein production would still amount to 2.9 million tonnes annually. This figure represents slightly more than half the total animal protein currently produced. In Canada there are some 30 million hectares available for cattle production, of which 60% is classified as rangeland, located primarily in western Canada.

Cattle and other ruminants are capable, by bacterial and protozoal digestion, of converting massive amounts of otherwise indigestible plant fibre into meat and milk protein. Energy for finishing cattle in the future may well come largely from agricultural by-products such as beet pulp, molasses, cull potatoes, distillers grains, frozen grains, seed screenings, fruit wastes, corn-cannery waste, silage, and even wood or agricultural cellulose. Because cattle can be consumers of food that

Figure 1. Aerial view, Animal Disease Research Institute, Lethbridge, beef herd intensive management system.

Figure 1. Vue aérienne du système d'élevage intensif des bovins de boucherie sur le terrain de l'Institut de recherches vétérinaires, à Lethbridge (Alb.).

Figure 2. Drylot calving, cow area.

Figure 2. Mise bas en parc; aire réservée aux vaches.

Élevage en claustration des bovins de boucherie

J.A. Bradley

Figure 3. Drylot calving, calf dormitory.

Figure 3. Mise bas en parc; dortoir des veaux.

Figure 4. Drylot calving, calf dormitory from outside.

Figure 4. Mise bas en parc; dortoir des veaux vu de l'extérieur.

Il est difficile de déterminer à quand remonte la domestication des animaux, mais il semble qu'il y a 7000 ans les Égyptiens utilisaient déjà des charrues tirées par des bœufs, et on a émis l'hypothèse que la première révolution agricole avait commencé 3000 ans plus tôt. L'intensification des productions animales s'est poursuivie depuis. La révolution industrielle et l'application au secteur agricole, ces trente dernières années, des progrès de la science et de la technologie ont entraîné un essor sans précédent de la production de protéines animales à des fins de consommation humaine.

Il serait ridicule de prétendre que les protéines animales en général, et le bœuf en particulier, sont indispensables à la santé humaine. D'autre part, il faut une certaine compétence pour équilibrer un régime végétarien; si la production de protéines animales devait diminuer rapidement, le prix de la viande grimperait en conséquence, et cela au détriment surtout de la santé des couches socio-économiques les plus désavantagées.

On a estimé qu'aux États-Unis, dans l'hypothèse où on cesserait d'utiliser les céréales dans l'alimentation du bétail et où l'on ne pourrait compter que sur les pâturages et les parcours existants, la production totale de protéines animales se chiffrerait encore à 2,9 millions de tonnes par année. Ce chiffre représente un peu plus de la moitié des protéines animales totales actuellement produites. Au Canada, on compte quelque 30 millions d'hectares de terres, situées surtout dans l'Ouest du Canada, convenant à l'élevage des bovins, et 60% de cette superficie se compose de grands parcours.

Les bovins et les autres ruminants sont en mesure, par digestion bactérienne et protozoaire, de transformer en viande et en lait d'énormes quantités de fibres végétales qui seraient autrement inassimilables. À l'avenir, l'énergie nécessaire à la finition des bo-

cannot be utilized directly by humans, their future seems assured.

There has been an explosive increase in the size of feedlots in North America over the last 30 years, many now containing tens of thousands of animals. On the other hand, the average size of the beef-cow herd remains small. In the last Canadian census (1981) for Alberta the figure was 45.99 cows and for the whole country was 30.82. The average for all North American herds is lower. This is probably not too surprising, considering there has not been any significant change in the size of the traditional landbase for raising beef but there has been an increase in the number of part-time farmers raising a few head on small acreages, especially in the south-eastern United States. Even when the cow herd is not large, it is advantageous to have animals confined at certain times of the year — for wintering, for calving, and for good pasture management. Intensive management is, therefore, an aspect of both the feedlot, and the breeding herd.

Confinement management of beef cattle poses a number of zootechnical problems. These include ethical questions regarding animal welfare as well as problems relating to the dynamics of disease in extremely modified environments. Disease control programs have to take into consideration the genetic, immunologic, and nutritional state of the animal in addition to the effect on it of a prodigious array of potentially pathogenic organisms. The environment, the third corner of the host-parasite-environment disease triangle, is no less important than the other two. This aspect is further complicated by man's imposition of an intolerable array of stressors such as weaning, transporting, crowding, branding, and vaccinating. From a regulatory point of view the financial and logistical problems of control and eradication of an exotic disease, such as foot-and-mouth disease, in a 25000 head feedlot would assume gargantuan proportions.

It has been said that the greatest contributions to health in the human population have been improved nutrition and to hygienic measures introduced progressively from the second half of the 19th century to the present. Hygiene and sanitation are not new concepts to either the veterinarian or the livestock industry, yet the tendency is to ignore them in intensive beef management systems. This tendency has a high cost and it is time to reemphasize the validity of environmental improvement as a means of promoting health. Differentiation of livestock units into good or bad still lacks sound measureable criteria, but on a hygienic basis perhaps most would be judged inadequate.

Figure 5. Field calving, straw-pack and calf creep shelters.

Figure 5. Mise bas à l'extérieur; litière paillée et abris des veaux.

Preventive veterinary medicine in recent years has emphasized a medicinal approach. However, many vaccination and treatment programs are carried out without adequate assessment of their medium and long-term effects. Mass medication (water and feed) and therapeutics are often abused, and residues entering the food chain present hazards to humans.

Feedlot and cow herd management experience at Lacombe Research Station and at the Animal Diseases Research Institute (A.D.R.I.), Lethbridge, tend to confirm that the management system has a profound effect on disease morbidity and mortality within the unit. In relation to neonatal diarrhea this has been documented. The success achieved in reducing the incidence and severity of this disease was primarily a result of reducing environmental contamination and minimizing stress in the neonate.

Reasonable standards of cleanliness and sanitation in a beef unit are difficult to achieve. Nevertheless it is believed that substantial improvements in health maintenance can result from relatively modest modifications in environmental and handling procedures.

To further the understanding of the dynamics of disease in confined cattle populations, and on the premise that most, if not all, diseases are dose dependent, two projects are under way at A.R.D.I., in Lethbridge.

1. A cow-calf project. The cow herd is being expanded to two 60 to 80 cow units to be compared under intensive and extensive management systems. The objective is to develop a humane intensive husbandry system that will reduce perinatal losses in beef calves. In the process, a specific pathogen-free herd of defined microbiologic status will become available for experimental disease studies.
2. A beef feedlot project. With the cooperation of a large commercial feedlot in western Canada, studies of the incidence, economics, and epidemiology of disease in such a unit started in 1981. The purpose is to develop and describe a management system and provide substantiated guidelines that will lower the incidence of disease and the cost of health maintenance in feedlot cattle.

In the longer term it is hoped that this approach will reduce dependence on drugs and biologics, and that the systems devcloped will be adaptable to a wide variety of climatic conditions. In addition, the aim is to provide guidelines for the humane confinement of beef cattle, for improved productivity, and for better economic returns.

J.A. Bradley is head of the Clinical Research Section at the Animal Diseases Research Institute, Lethbridge, Alberta.

vins pourrait bien provenir en grande partie de sous-produits agricoles, tels que la pulpe de betterave, la mélasse, les pommes de rejet, les résidus de distillation, les céréales altérées par le gel, les criblures de semence, les déchets de fruits, les déchets des conserverie de maïs, l'ensilage et même le bois ou la cellulose d'origine agricole. Compte tenu de cette capacité qu'ont les bovins de valoriser des aliments qui ne pourraient être utilisés directement par l'homme, leur avenir semble assuré.

On a assisté au cours des trente dernières années à une croissance explosive de la taille des parcs d'engraissement en Amérique du Nord; bon nombre d'entre eux renferment maintenant des dizaines de milliers de sujets. En revanche, la taille moyenne des troupeaux d'élevage est demeurée assez faible, et selon les chiffres du dernier recensement canadien (1981), elle ne dépassait pas 30,82 vaches pour l'ensemble du pays (45,99 en Alberta). Cette moyenne est encore plus faible si l'on considère l'ensemble des troupeux de l'Amérique du Nord. Ces chiffres ne sont pas trop surprenants si on considère d'une part qu'il n'y a pas eu de changement important de la taille des exploitations de naissage, et d'autre part qu'un nombre croissant d'agriculteurs à temps partiel s'adonnent à l'élevage sur de petites superficies, en particulier dans le Sud-Est des États-Unis. Toutefois, même lorsque le troupeau d'élevage n'est pas considérable, il est avantageux de garder les animaux en claustration à certaines époques de l'année, notamment pour l'hivernage et les mises bas, ou pour assurer une bonne utilisation des pâturages. L'élevage intensif représente donc une dimension intéressant à la fois le parc d'engraissement et le troupeau d'élevage.

L'élevage en claustration des bovins de boucherie pose un certain nombre de problèmes d'ordre zootechnique. Outre les questions de principe touchant le bien-être des animaux, il faut mentionner les problèmes relatifs à la dynamique des maladies dans des milieux extrêmement modifiés. Le programme de lutte contre les maladies doit prendre en considération la situation génétique, immunologique et nutritionnelle de l'animal, et la foule d'organismes potentiellement pathogènes qui peuvent influer sur celle-ci. Le milieu, qui représente le troisième coin du triangle hôte-parasite-environnement, n'est pas moins important que les deux autres. Comme si la situation n'était pas déjà suffisamment complexe, l'homme fait en outre intervenir d'innombrables facteurs de stress tels que le sevrage, le transport, l'entassement, le marquage, la vaccination, etc. D'un point de vue réglementaire, le problème financier et pratique de l'éradication d'une maladie exotique telle que la fièvre aphteuse dans un parc d'engraissement de 25 000 sujets prendrait des proportions gigantesques.

D'aucuns estiment que le facteur qui a le plus fait progresser la santé humaine a été l'amélioration progressive de la nutrition et des pratiques d'hygiène, depuis la seconde moitié du XIX^{e} siècle jusqu'à aujourd'hui. L'assainissement et l'hygiène ne sont pas des concepts nouveaux ni pour le vétérinaire ni pour l'industrie de l'élevage, et pourtant on a souvent tendance à les oublier dans les systèmes d'élevage intensif des bovins de boucherie. Cette attitude coûte cher et il est temps de mettre à nouveau l'accent sur l'amélioration des conditions du milieu comme moyen de promouvoir la santé. On ne dispose toujours pas de critères mesurables pour départager les systèmes d'élevage en «bons» ou «mauvais», mais sous l'angle de l'hygiène, la plupart d'entre eux seraient sans doute jugés inacceptables.

La médecine vétérinaire préventive ces dernières années a surtout misé sur une approche «médicale», mais bon nombre de programmes de vaccination et de traitement sont exécutés sans évaluation convenable de leurs effets à moyen et à long terme. On abuse souvent des thérapies et de la médication de masse (traitement de l'eau et des aliments du bétail), et les résidus qui entrent dans la chaîne alimentaire présentent des risques pour l'homme.

Une expérience portant sur la conduite d'un parc d'engraissement et d'un troupeau d'élevage à la Station de recherches de Lacombe (Alb.) et à l'Institut de recherches vétérinaires, à Lethbridge (Alb.) tend à confirmer que le système d'élevage utilisé a un effet profond sur les taux de morbidité et de mortalité à l'intérieur des troupeaux. Cela a été prouvé dans le cas de la diarrhée néonatale, et le succès remporté dans la réduction de la fréquence et de la gravité de cette maladie est surtout imputable aux efforts en vue de diminuer la contamination du milieu et de réduire au minimum le stress chez les nouveaux-nés.

Il est difficile de respecter des normes raisonnables de propreté et d'hygiène dans les élevages de bovins de boucherie. On estime néanmoins, que des modifications relativement modestes du milieu et des pratiques de conduite d'élevage peuvent se traduire par des améliorations substantielles de la santé des troupeaux.

Afin de mieux comprendre la dynamique des maladies dans l'élevage des bovins en claustration, et partant de la prémisse que la plupart, sinon la totalité des maladies sont tributaires du degré d'infestation, l'Institut de recherches vétérinaires a mis sur pied les deux projets suivants à Lethbridge : le naissage des bovins de boucherie et les parcs d'engraissement.

Dans le cadre du premier projet, on a augmenté le troupeau d'élevage de façon à obtenir deux groupes de 60-80 vaches; on pourra ainsi comparer les systèmes d'élevage intensif et extensif. L'objectif est de mettre au point un système d'élevage intensif sans cruauté, permettant de réduire les pertes périnatales chez les veaux de boucherie. Le projet permettra en même temps d'obtenir un troupeau exempt d'organismes pathogènes spécifiques, dont la fiche microbiologique sera connue, pour la tenue d'études expérimentales sur les maladies.

Pour ce qui est du second projet, c'est grâce à la collaboration d'un grand parc d'engraissement commercial de l'Ouest du Canada, que des études sur la fréquence, les conséquences économiques et l'épidémiologie des maladies dans ce type d'entreprise ont commencé en 1981. Le but est d'élaborer et de décrire un système de conduite d'élevage et d'en arriver à des lignes directrices éprouvées qui permettront de réduire efficacement la fréquence des maladies et les coûts des soins de santé dans les parcs d'engraissement.

À plus long terme, on espère que cette approche entraînera une réduction de la dépendance à l'égard des drogues et des produits vétérinaires, et que les systèmes mis au point seront adaptables à une vaste gamme de conditions climatiques. On espère enfin élaborer des lignes directrices sur la façon d'élever sans cruauté les bovins de boucherie en claustration, tout en améliorant la productivité et la rentabilité de ce type d'exploitation.

J.A. Bradley est chef de la Section de recherches cliniques à l'Institut de recherches vétérinaires, à Lethbridge (Alb.).

Assessing soil structure degradation by field observations

C. Wang and J.A. McKeague

Background

Nearly level areas of marine clay account for much of the agricultural land in the National Capital Region (Ottawa, Ont.). Realizing the high potential productivity of such land depends upon an adequate system of drainage, as groundwater is usually at or near the surface in the spring. An additional requirement is the maintenance of soil structure so that water enters the soil readily and percolates downward leaving the rooting zone adequately aerated. Poor soil structure results in ponding of water on fields after heavy rains and the depressed growth of corn and other crops in shallow depressions. These symptoms are readily visible to anyone driving the roads of the area.

Quality of soil structure has been assessed by the measurement of key soil physical properties such as bulk density (mass per unit volume), saturated hydraulic conductivity, Ksat (capacity of saturated soil to transmit water) and oxygen diffusion rate among others (Coote and Ramsey,1983). Many replicate measurements are required as the samples are usually small and local soil variability is appreciable. An adequate comparison of the structural quality of two fields under different cropping systems involves much time and labor.

The recent development of guidelines for rapid field estimates of saturated hydraulic conductivity from observations of soil structure (McKeague *et al.* 1982) suggested a more practical approach to the assessment of soil structure quality. The guidelines were developed and refined by relating the assessment of soil horizons to measured values of Ksat using a field permeameter (Topp and Binns, 1976). After some experience, it was possible to estimate the correct Ksat class (of eight classes covering the range of < 0.02 to > 50 cm per hour) in 45% of cases and within one class of the measured class in 90% of cases. This was considered to be adequate for many practical purposes given the fact that within a few m^2, Ksat values of near-surface horizons commonly ranged over two or three classes. Ksat is closely related to air-filled porosity of a soil, hence Ksat estimates indicate both capacity to transmit water and aeration, two important parameters in relation to plant growth.

Experiment and Observations

In the summer of 1982, we selected an area mapped as Brandon series (Humic Gleysol developed on marine clay) in the Ottawa area (Marshall *et al.* 1979). Within the area were fields under different land use systems: at least 10 years of continuous corn, first-year corn after approximately 10 years of

Figure 1. The friable surface layer (top 20 cm) of the 10-year hayfield. It has good soil structure, many biopores and plentiful roots.

Planche A) Couche superficielle friable (premiers 20 cm) du champ servant à la production de foin depuis 10 ans. Elle se caractérise par une bonne structure du sol, de nombreux biopores et des racines en abondance.

Évaluation de la détérioration de la structure du sol au moyen d'observations sur le terrain

C. Wang et J.A. McKeague

Historique

La majeure partie des terres agricoles de la région de la capitale nationale se composent d'argiles marines et présentent un relief peu accidenté. Un bon système de drainage est une condition essentielle pour tirer parti du fort potentiel productif de ces terres car la nappe phréatique affleure généralement à la surface au printemps. Une autre exigence est le maintien de la structure du sol afin que l'eau pénètre rapidement dans le sol et s'infiltre en profondeur en laissant la zone des racines suffisamment aérée. Une structure du sol médiocre se traduit par une accumulation d'eau dans les champs après les pluies abondantes, et par une croissance plus lente du maïs et des autres cultures dans les dépressions, symptômes facilement visibles à quiconque circule dans la région.

On a évalué la qualité de la structure du sol en mesurant des propriétés physiques clés telles que la densité apparente (poids par unité de volume), la conductivité hydraulique à l'état saturé, la valeur K à saturation ou Ksat (capacité du sol saturé à laisser passer l'eau) et le taux de diffusion de l'oxygène (Coote et Ramsey, 1983). Un grand nombre de mesures sont nécessaires car les échantillons sont généralement petits et les sols locaux assez variables. Comparer efficacement la structure de deux champs soumis à des régimes de culture différents suppose beaucoup de temps et de travail.

L'élaboration récente de lignes directrices pour l'estimation rapide de la conductivité à l'état saturé à partir d'observations de la structure du sol (McKeague *et al.*, 1982) a constitué un premier pas dans la mise au point d'une méthode plus pratique d'évaluation de la qualité de la structure du sol. On a complété et perfectionné ces lignes directrices en faisant correspondre l'évaluation des horizons du sol à des valeurs connues de Ksat obtenues à l'aide d'un perméamètre (Topp et Binns, 1976). Après avoir acquis quelque expérience, on est parvenu à estimer avec justesse la classe Ksat (sur la base de 8 classes s'échelonnant de 0,02 à 50 cm à l'heure) dans 45% des cas, et à les déterminer à une classe près dans 90% des cas. Ce résultat a été jugé satisfaisant pour de nombreuses applications pratiques, compte tenu du fait qu'à l'intérieur de quelques mètres carrés, les valeurs Ksat des horizons superficiels varient couramment de deux ou trois classes. La valeur Ksat est fortement tributaire de la porosité d'un sol, et révèle par conséquent à la fois la capacité de transmission de l'eau et l'aération du sol, deux paramètres importants pour la croissance des plantes.

Figure 2. A strongly developed plowpan (about 10 cm below the surface) of the 10-year cornfield. It has no structure (massive), no visible pores or roots.

Planche B) Semelle de labour bien compacte (à environ 10 cm au-dessous de la surface) dans le champ affecté à la monoculture du maïs depuis 10 ans. Elle ne possède aucune structure (elle est massive), pas de pore ni de racine visible.

continuous hay, and at least 10 years of continuous hay. Pools of water could be seen in shallow depressions in the 10-year cornfield for several days after heavy rains, but not in the other two fields. We assessed soil structure in the three fields.

An accepted method (Wang, 1982) was used to select at least 10 sampling sites on each of the three fields. We examined the structure of the cultivated layer (usually 20 to 30 cm deep) and of the subsoil to a depth of 50 cm at each site, and estimated Ksat using the guidelines developed previously. At some sites, we also examined structure to a depth of 100 cm. After estimating, we measured Ksat at approximately 30% of the sites examined in each field. Estimated and measured Ksat classes were the same for more than half the layers tested and nearly all the other estimates were within one of the measured class.

In the 10-year hayfield, surface and subsoil layers were highly permeable; Ksat values were above 5 cm per hour and most were about 15 cm per hour. The high values were associated with abundant earthworm channels and well-developed peds (aggregates) separated by planar voids (Figure 1). In the first-year cornfield, Ksat values of the surface horizon were about a class or two lower than those in the hayfield but still adequate at 2 cm per hour or more. The lower values relative to the hayfield were associated with fewer earthworm channels and less distinct aggregates. The subsoil layers had similar structure and similar Ksat estimates to those for the hayfield. In the 10-year cornfield, below a few cm of loose surface soil, there was a massive compacted plowpan 10 to 20 cm thick (Figure 2). Estimated and measured Ksat values for this layer were low and they varied widely from site to site (0.01 to 2 cm per hour) depending on the degree to which the massive layer was fractured. The subsoil at a depth of 30 to 50 cm was more permeable (Ksat usually 1 to 5 cm per hour) due to a few continuous earthworm channels and to moderatelydeveloped aggregations. Below a depth 50 to 60 cm Ksat values were high, approximately the same as those of the subsoil in the hayfield.

The plowpan in the 10-year cornfield restricted root penetration (Figure 3). Roots were abundant in the loose, uppermost 5 to 10 cm of the soil but they penetrated the plowpan only through rare fissures. Many roots grew horizontally above the plowpan. In the first-year cornfield, on the other hand, roots penetrated through the plow layer and into the subsoil (Figure 4). The height and vigor of the corn crop in 1982 was clearly related to the quality of soil structure, and the depth of root penetration.

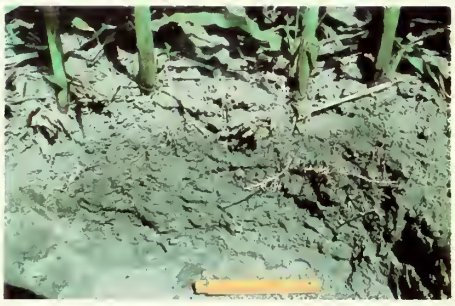


Figure 3. The top 25 cm soil profile of the 10-year cornfield. Except for along some cracks, there are very few roots penetrating below 15 cm. There is a plowpan at the lower part of this profile.

Planche C) Profil des premiers 25 cm de sol du champ en maïs (depuis 10 ans); sauf le long de certaines fissures, très peu de racines pénètrent au-dessous de 15 cm. On voit la semelle de labour à la partie inférieure de ce profil.

Figure 4. The top 30 cm soil profile of the first-year cornfield. There is no visible restriction to root development in this layer.

Planche D) Profil des 30 premiers centimètres du sol dans le champ affecté au maïs pour la première année; aucun obstacle visible au développement des racines dans cette couche.

Conclusion

Field observations requiring one person with a shovel and five minutes per site for examination of topsoil (15 minutes for structure examination to a depth of 50 cm) were adequate for assessment of quality of structure and Ksat. Measurement of Ksat, on the other hand, require two people approximately 30 minutes per measurement at the surface and longer for subsoils. Some measurements are essential, however, to check the validity of estimates.

Problems of low Ksat and poor aeration of the 10 to 30 cm layer in the 10-year cornfield were obvious. This layer would prevent the movement of surface water to drains. Closer spacing of drains would not resolve the problem; the subsoil at depths below 50 cm was permeable. The solution involves maintenance or development of adequate structure in the top 30 cm of soil. This is difficult for several reasons:

- cultivation destroys the continuity of vertical earthworm channels that conduct water and provide aeration in clay soils under hay or pasture;
- seeding and harvesting operations may be done when the soil is wet, thus destroying structure and compacting the topsoil.

One solution would be to grow hay for a few years after several years of corn. The point of this article, however, is not to discuss solutions but to suggest a simple and effective method for assessing and monitoring soil structure deterioration under different farming systems.

References

Coote, D.R. and Ramsey, J.F. 1983. "Quantification of the effects of over 35 years of intensive cultivation on four soils." *Canadian Journal of Soil Science* 63, in press.

Marshall, I.B., Dumanski, J., Huffman, E.C. and Lajoie, P.G. 1979. *Soils capability and land use in the Ottawa urban fringe.* Land Resource Research Institute, Research Branch, Agriculture Canada.

McKeague, J.A., Wang, C., and Topp, G.C. 1982. "Estimating saturated hydraulic conductivity from morphology." *Soil Science Society of America Journal* 46, November-December issue.

Topp, G.C., and Binns, M.R. 1976. "Field measurements of hydraulic conductivity with a modified air-entry permeameter." *Canadian Journal of Soil Science* 56: 139-143.

Wang, C. 1982. *Application of transect methods to soil survey problems.* Land Resource Research Institute Contribution No. 82-02. Research Branch, Agriculture Canada, Ottawa.

Drs. Wang and McKeague are research scientists with the Soil Classification section of the Land Resources Research Institute, Agriculture Canada, Ottawa.

Expérience et observations

Au cours de l'été 1982, nous avons choisi une zone cartographiée sous le nom de série Brandon (Gleysol humide sur argile marine) dans la région d'Ottawa (Marshall *et al.*, 1979). Elle comprenait trois champs soumis à divers régimes d'utilisation du sol, soit du maïs en monoculture depuis au moins 10 ans, en première année de maïs après environ 10 années de culture continue de foin, et au moins 10 ans de culture continue de foin. Plusieurs jours après des pluies abondantes, on pouvait voir des accumulations d'eau dans les dépressions du champ affecté à la monoculture du maïs, mais non dans les deux autres. Nous avons évalué la structure du sol dans les trois champs.

Une méthode reconnue (Wang, 1982) a présidé au choix d'au moins 10 points d'échantillonnage dans chacun des champs. Nous avons examiné la structure de la couche travaillée (généralement 20-30 cm de profondeur) et de la couche inférieure jusqu'à une profondeur de 50 cm à chaque endroit, puis estimé les valeurs Ksat à l'aide des lignes directrices établies antérieurement. À certains endroits, nous avons également examiné la structure jusqu'à une profondeur de 100 cm. Une fois nos estimations effectuées, nous avons mesuré les valeurs Ksat à environ 30% des points d'échantillonnage dans chaque champ. Les classes Ksat estimées et mesurées concordaient pour plus de la moitié des couches testées, et la presque totalité des autres estimations ne s'écartait pas de plus d'une classe des valeurs mesurées.

Voici les principales constatations que nous avons faites:

Dans le champ affecté à la culture du foin depuis 10 ans, les couches superficielles et inférieures étaient très perméables; les valeurs Ksat dépassaient 5 cm par heure et la plupart d'entre elles étaient de l'ordre de 15 cm par heure. Ces valeurs élevées s'expliquent par d'abondantes galeries creusées par les vers de terre et des agrégats naturels bien formés, séparés par des fentes (Planche A). Dans le champ affecté au maïs pour la première année, les valeurs Ksat de l'horizon superficiel étaient environ d'une classe ou deux inférieures à celles du champ de foin, mais demeuraient suffisantes, soit 2 cm par heure ou plus. Ces valeurs moindres témoignaient de galeries moins nombreuses et d'aggrégats moins distincts. Les couches inférieures affichaient une structure et des valeurs Ksat comparables à celles du champ de foin. Dans le champ consacré depuis 10 ans à la monoculture du maïs, on notait, sous la couche superficielle friable de quelques centimètres, une semelle de labour massive et compacte, de 10 à 20 cm d'épaisseur (Planche B), imputable au passage des machines. Les valeurs Ksat estimées et mesurées pour cette couche étaient faibles et variaient considérablement d'un endroit à l'autre (de 0,01 à 2 cm par heure) selon son degré de fractionnement. Le sous-sol à une profondeur de 30 à 50 cm était plus perméable (valeurs Ksat se situant généralement entre 1 et 5 cm par heure) en raison d'un petit nombre de galeries continues et d'aggrégats moyennement formés. Au-dessous de 50 à 60 cm, les valeurs Ksat étaient élevées et à peu près comparables à celles du sous-sol du champ de foin.

Cette semelle de labour faisait obstacle à la pénétration des racines (Planche C) dans le champ en question. Celles-ci étaient abondantes dans les premiers 5 à 10 cm du sol, mais ne pénétraient la couche compacte qu'à travers les rares fissures. De nombreuses racines croissaient horizontalement en surface. En revanche, dans le champ affecté au maïs pour la première année, les racines pénétraient à travers la couche de labour et atteignaient la couche inférieure (Planche D). On a noté une relation nette entre d'une part la hauteur et la vigueur de la culture de maïs en 1982, et d'autre part la qualité de la structure du sol et la profondeur de pénétration des racines.

Conclusions

Les observations sur le terrain ont nécessité une personne munie d'une pelle. Il a suffi de 5 min par endroit pour examiner la couche superficielle (15 min pour l'examen de la structure jusqu'à une profondeur de 50 cm) et évaluer la qualité de la structure et la valeur Ksat. En revanche, chaque mesure de la valeur Ksat a nécessité le concours de deux personnes pendant environ 30 min pour la couche superficielle, et davantage pour la couche inférieure. Certaines mesures sont essentielles, toutefois, pour vérifier la justesse des estimations.

Les problèmes causés par les faibles valeurs Ksat et le manque d'aération dans la couche de 10 à 30 cm du champ affecté à la monoculture du maïs depuis 10 ans étaient évidents. Cette semelle empêche l'eau de surface de s'égoutter. Le fait de rapprocher les drains davantage n'aurait pas résolu le problème car au-delà de 50 cm le sous-sol était perméable. La solution doit comprendre le maintien ou la création d'une structure convenable dans les 30 premiers centimètres de sol. Cela est difficile pour plusieurs raisons: d'abord le travail du sol détruit la continuité des galeries verticales creusées par les vers de terre; celles-ci favorisent le mouvement de l'eau et l'aération dans les sols argileux laissés en foin ou servant de pâturage. De plus, les opérations de semis et de récolte doivent parfois être effectuées lorsque le sol est humide, ce qui tend à détruire sa structure et à le compacter.

Une solution pourrait être de cultiver du foin pendant un petit nombre d'années après une période de monoculture de maïs. L'objet du présent article n'est toutefois pas de discuter des solutions, mais de proposer une méthode simple et efficace pour évaluer et surveiller la détérioration de la structure du sol dans divers régimes de production agricole.

Bibliographie

Coote, D.R. et J.F. Ramsey, «Quantification of the effects of over 35 years of intensive cultivation on four soils», *Can. J. Soil Sci.*, vol. 63, 1983, sous presse.

Marshall, I.B., J. Dumanski, E.C. Huffman et P.G. Lajoie, *Soils capability and land use in the Ottawa urban fringe*, Institut de recherches sur les terres, Direction générale de la recherche, Agriculture Canada, 1979, quatre cartes et un rapport de 57 p.

McKeague, J.A., C. Wang et G.C. Topp, «Estimating saturated hydraulic conductivity from morphology», *Soil Sci. Soc. of Amer. J.*, vol. 46, nº de nov.-déc., 1982.

Topp, G.C. et M.R. Binns, «Field measurements of hydraulic conductivity with a modified air-entry permeameter», *Can. J. Soil Sci.*, vol. 56, 1976, p. 139-143.

Wang, C., *Application of transect methods to soil survey problems*, Institut de recherches sur les terres, communication nº 82-02, Direction générale de la recherche, Agriculture Canada, Ottawa, 1982, 34 p.

Les docteurs Wang et McKeague sont des chercheurs à la Section de la classification des sols de l'Institut de recherches sur les terres, Agriculture Canada.

Detection of freezing injury in frozen plants

Darryl G. Stout

Developing winter-hardy plants requires a knowledge of how plants are effected by cold temperature. It has been determined that cell membranes are the primary sight of freezing injury. This article describes a method of determining whether membranes are damaged during freezing or thawing, or during both freezing and thawing.

Since freeze-thaw damage to cells is accompanied by increased permeability of membranes, it is believed that cell membranes are the primary site of freezing injury. When a membrane is damaged following a freeze-thaw cycle, researchers were never certain if the damage was caused by freezing, thawing, or both freezing and thawing. We have developed a method which allows us to determine if the membranes are injured during freezing, thawing, or both. This simple method will permit scientists to make greater advances in their knowledge of winter survival of plants, and through this knowledge more winter-hardy plants can be developed.

Our method is centered around certain plants that produce hydrogen cyanide (cyanogenic plants) when injured. For example, sorghum and flax will release hydrogen cyanide (HCN) when frozen and thawed. This phenomenon is known by livestock producers as prussic acid poisoning of cattle. By studying sorghum, scientists have determined that the chemical compound (the glucoside dhurrin) that is converted into HCN is separated from the enzymes (β-glucosidase and hydroxynitrile lyase) required to convert it to HCN by a membrane (Kojima et al. 1979). As long as the membrane is undamaged, no HCN is produced, but if the membrane is damaged, the enzymes and the compound come together and HCN is formed. HCN is a liquid at temperatures below the freezing point of water, so we can detect membrane injury without having to thaw the plant material. We actually detect the gas coming from the liquid state of the HCN. Thus, the plant sample being studied does not have to be manipulated or altered in any way to detect freezing injury.

Typical results, gained after freezing Saskatoon serviceberry (*Amelanchier alnifolia*), a native shrub containing the cyanogenic glucoside prunasin, are demonstrated in Figure 1. Fast freezing is known to cause intracellular ice formation which is normally fatal. As expected, this injurious fast freezing causes the release of a large amount of HCN at −10 C; this is true for both nonacclimated plants (line 1) and cold acclimated plants (line 2). Slow freezing is known to cause extracellular ice formation and cell dehydration. Nonacclimated plants are injured by slow freezing, as well as by fast freezing; however, cold acclimated plants are not injured by slow freezing. Again, as expected, nonaclimated plants frozen slowly to −10 C relcase a large amount of HCN (line 3), whereas cold acclimated plants (line 4) release only about

Détection des dégâts causés par le gel chez les plantes

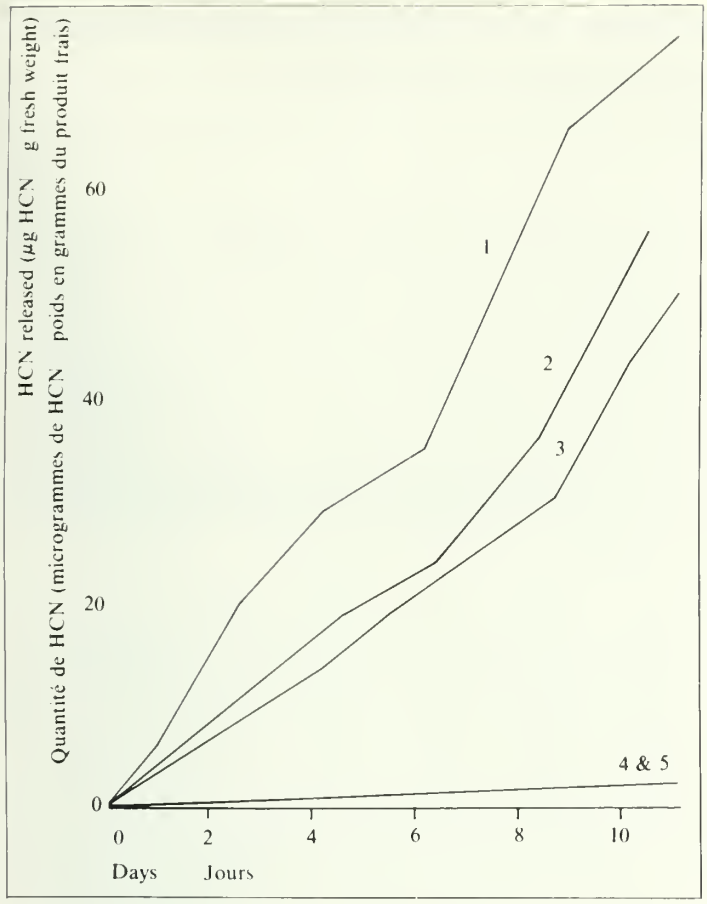
Darryl G. Stout

La mise au point de variétés résistantes à l'hiver suppose une connaissance de la manière dont les plantes réagissent aux basses températures. On a découvert que les membranes cellulaires étaient les premières victimes du dégât causé par le gel. Le présent article décrit une méthode permettant de déterminer si les membranes sont endommagées pendant le gel, le dégel ou les deux.

Étant donné que les dégâts causés aux cellules par le gel et le dégel s'accompagnent d'une perméabilité accrue des membranes, on croit généralement que celles-ci sont les premières victimes du gel. Lorsqu'une membrane est endommagée après une séquence gel-dégel, il est difficile pour les chercheurs de déterminer avec certitude si le dégât a été causé par le gel, le dégel, ou les deux. Nous avons mis au point une méthode simple permettant de déterminer à quel stade les membranes sont endommagées. Grâce à elles, les chercheurs pourront progresser dans leurs connaissances de la résistance des plantes à l'hiver et, partant, créer davantage de plantes rustiques.

Notre méthode se fonde sur l'utilisation de certaines plantes produisant du cyanure d'hydrogène (plantes cyanogénétiques) lorsqu'elles sont abîmées. Par exemple, le sorgho et le lin dégagent du cyanure d'hydrogène lors du gel et du dégel. Ce phénomène est connu des éleveurs car il entraîne un empoisonnement des bovins à l'acide prussique. En étudiant le sorgho, les chercheurs ont établi que le composé chimique (le glucoside dhurrine) qui est converti en cyanure d'hydrogène, l'est en présence d'enzymes (B-glucosidase et hydroxynitrile lyase) contenus dans les membranes cellulaires (*Kojima et al.* 1979). Tant que la membrane est intacte, aucun cyanure d'hydrogène n'est produit, mais dès que la membrane est endommagée, les enzymes et le composé se trouvent réunis et du cyanure d'hydrogène est produit. Comme cette substance demeure liquide à des températures inférieures au point de congélation de l'eau, nous pouvons déceler les dégâts causés aux membranes sans faire dégeler le matériel végétal. Ce que nous détectons en fait, c'est le gaz s'échappant du cyanure d'hydrogène à l'état liquide. Ainsi, il n'est pas nécessaire de manipuler ni de modifier en aucune manière le matériel végétal à l'étude pour déceler le dégât causé par le gel.

On trouvera à la Figure 1 des résultats typiques obtenus après congélation de spécimens d'amélanchier à feuilles d'aune (*Amelanchier alnifolia*), arbuste indigène renfermant du glucoside de prunasine cyanogénétique. On sait que la congélation rapide entraîne une formation, normalement fatale, de glace entre les cellules. Comme prévu, ce choc provoque la libération d'une grande quantité de cyanure d'hydrogène à −10°C. Cela vaut à la fois pour les plants non acclimatés au froid (ligne 1) et les plants acclimatés (ligne 2). D'autre part, on sait que la congélation lente occasionne la



1. *Non-acclimated twigs, fast freeze (−78 C) then −10 C.*
2. *Acclimated twigs, fast freeze (−78 C) then −10 C.*
3. *Non-acclimated twigs, slow freeze (−10 C) then −10 C.*
4. *Acclimated twigs, slow freeze (−10 C) then −10 C.*
5. *Non-acclimated twigs, no freeze (4C) then 4C (control).*

1. *Tiges non acclimatées; congélation rapide (−78°C), puis maintien à −10°C.*
2. *Tiges acclimatées; congélation rapide (−78°C), puis maintien à −10°C.*
3. *Tiges non acclimatées, congélation lente (−10°C), puis maintien à −10°C.*
4. *Tiges acclimatées, congélation lente (−10°C), puis maintien à −10°C.*
5. *Tiges non acclimatées, sans congélation: maintien d'une température de 4°C (témoin).*

Figure 1. Effects of slow and fast freezing on hydrogen cyanide release from acclimated and non-acclimated Saskatoon serviceberry twigs.

Figure 1. Effets de la congélation lente ou rapide sur la libération de cyanure d'hydrogène par des tiges d'amélanchier à feuilles d'aune acclimatées et non acclimatées.

as much HCN as nonfrozen controls (line 5).

Clearly plants can be injured by freezing alone; that is, thawing is not required to cause freezing injury.

This simple technique allows the separation of the effects of freezing from the effects of thawing in the study of how plants are injured by freezing. For more details of this work, see Stout *et al.* (1980 and 1981).

References

Kojima, M., J.E. Poulton, S.S. Thayer, and E.E. Conn. 1979. "Tissue distribution of dhurrin and of enzymes involved in its metabolism in leaves of *Sorghum bicolor*." *Plant Physiology* 63:1022-1028.

Stout, D.G., W. Majak and M. Reaney. 1980. "In vivo detection of membrane injury at freezing temperatures." *Plant Physiology* 66:74-77.

Stout, D.G., B. Brooke, W. Majak and M. Reaney. 1981. "Influence of cold acclimation on membrane injury in frozen plant tissue." *Plant Physiology* 68:248-251.

Darryl G. Stout is a research scientist with Agriculture Canada at Kamloops, B.C.

formation de glace à l'extérieur de la cellule et sa déshydratation. Les plants non acclimatés sont endommagés par cette congélation lente, tout comme ils le sont par la congélation rapide; cependant, les plants acclimatés résistent à la congélation lente. Ici encore, comme prévu, les plants non acclimatés soumis à une congélation lente à −10°C libèrent une grande quantité de cyanure d'hydrogène (ligne 3), tandis que les plants acclimatés (ligne 4) n'en produisent pas plus que les plans témoins non congelés (ligne 5).

Il est clair que les plantes peuvent être détruites par le gel seul, indépendamment du dégel. Cette technique simple permet de distinguer les effets du gel de ceux du dégel dans l'étude de la manière dont les plantes sont endommagées par l'hiver. Pour plus de détails sur ces travaux, voir Stout *et coll.* (1980-1981).

Bibliographie

Kojima, M., J.E. Poulton, S.S. Thayer et E.E. Conn, «Tissue Distribution of Dhurrin and of Enzymes Involved in its Metabolism in Leaves of Sorghum Bicolor,» *Plant Physiology* 63:1022-1028, 1979.

Stout, D.G., W. Majak et M. Reaney, «In Vivo Detection of Membrane Injury at Freezing Temperatures,» *Plant Physiology*, 66:74-77, 1980.

Stout, D.G., B. Brooke, W. Majak et M. Reaney, «Influence of Cold Acclimatation on Membrane Injury in Frozen Plant Tissue,» *Plant Physiology*, 68:248-251, 1981.

Darryl G. Stout est un chercheur à l'emploi d'Agriculture Canada à Kamloops (C.-B.).

Peripheral trapping of orchard insects

J. Warner and S. Hay

Various trapping techniques have been used in Ontario to monitor the activity of apple insects. Pheremone traps containing specific sex attractants placed on sticky surfaces to trap the attracted insects are used for the red and oblique banded leaf roller and the coddling moth. Visual attractants such as yellow boards with red spheres placed in trees are used for the apple maggot. These traps have proved useful in identifying the presence of pests in an orchard, in determining the first flight of pests as well as the length of flight and peak flight periods. Results of trials initiated in 1975 at the Smithfield Experimental Farm are described in the article.

Various traps have been used to monitor the activity of apple insects in Ontario. Sex attractants impregnated into capsules are placed on a sticky surface (trap) to capture insect specimens. Specific pheromone capsules are used for each insect such as red banded leaf roller (RBLR), oblique banded leaf roller (OBLR), and codling moth (CM). Other pests such as apple maggot (AM) are attracted to baited sticky yellow boards and red spheres (visual attractants) placed in the tree. These traps have been useful in identifying the presence of a pest in the orchard, in determining the first flight of a pest, the length of flight activity and peak activity periods. In some cases the pest threshold level and the level at which economic injury is expected to occur, is based on pheromone trap catches.

Previous studies carried out by Lloyd Monteith on flight paths of apple maggot indicated that most of the insects found in sprayed commercial orchards came from unsprayed trees in the surrounding area. A trial was initiated in 1975 to attempt to control the movement of apple pests into orchards by placing a series of traps around the periphery of the 120 ha Smithfield Experimental Farm. Traps were also placed 100 m inside the periphery and in central areas of the experimental farm (Table 1).

The number of insects trapped in the central area was fewer than in the peripheral sites, except for CM in 1981 when trap numbers were reduced (Table 2). During the period 1975 to 1978 the peripheral trap sites on the average captured 65% of the total insects caught.

From 1979 to 1981 certain orchard blocks in the central and peripheral regions of the farm were left without insecticides. Fruit injury assessments carried out annually compared

Table 1. Number of trap sites and density at Smithfield Experimental Farm*

Year	Peripheral sites	Inner peripheral sites	Central sites	Trap density sites/ha
1975	42	17	10	0.6
1976	57	22	16	0.7
1977	64	35	30	1.1
1978	64	35	30	1.1
1979	53	36	20	0.8
1980	53	32	15	0.8
1981	26	15	9	0.4

*120 ha farm with 15-20 ha orchard

Piégeage périphérique des insectes ravageurs des vergers

J. Warner et S. Hay

On a utilisé plusieurs techniques de piégeage en Ontario pour surveiller l'activité des insectes ravageurs des pommiers. Afin de capturer les tordeuses à bandes rouges et à bandes obliques et la pyrale de la pomme, on recourt à des pièges aux phérormones (attractifs sexuels spécifiques placés sur une surface collante). Des attractifs visuels, p.ex. des planches jaunes décorées de sphères rouges, sont placés dans les pommiers pour attirer la mouche de la pomme. Ces pièges se sont révélés utiles pour déceler la présence des ravageurs dans un verger, et déterminer le début, la durée et le point culminant des infestations. Les résultats des essais amorcés en 1975 à la Ferme expérimentale de Smithfield sont décrits dans le présent article.

On a eu recours à diverses techniques de piégeage en Ontario pour surveiller l'activité des insectes de la pomme. Par exemple, des pièges aux phérormones, c'est-à-dire des capsules imprégnées d'attractifs sexuels et placées sur des surfaces gommantes (pièges), permettent de capturer des spécimens de ravageurs. On utilise des attractifs spécifiques pour divers insectes tels que la tordeuse à bandes rouges, la tordeuse à bandes obliques et la pyrale de la pomme. D'autres ravageurs tels que la mouche de la pomme sont attirés par l'installation de planches jaunes gommantes marquées de sphères rouges (attractifs visuels) dans les pommiers. Ces pièges se sont révélés utiles pour déceler la présence des ravageurs dans le verger et déterminer le début, la durée et le point culminant des infestations. Dans certains cas, le nombre de prises dans les pièges à phérormones permet de déterminer le seuil d'infestation, c'est-à-dire le niveau où des pertes économiques importantes sont à craindre.

Il ressort d'études antérieures (L. Monteith) sur les voies d'infestation de la mouche de la pomme que la plupart des insectes découverts dans les vergers commerciaux traités proviennent d'arbres non traités de la région avoisinante. En 1975, dans un effort visant à surveiller l'introduction des ravageurs de la pomme dans les vergers, on a amorcé une expérience consistant à placer une série de pièges en périphérie des 120 ha de la Ferme expérimentale de Smithfield. On a également disposé des pièges à 100 m à l'intérieur du périmètre de la ferme et en certains de ses endroits centraux. (Tableau 1).

Tableau 1. Nombre et densité des pièges d'insectes à la Ferme expérimentale de Smithfield*

Année	Nombre de pièges en périphérie	Nombre de pièges un peu à l'intérieur du périmètre	Nombre de pièges au centre du verger	Densité à l'hectare
1975	42	17	10	0,6
1976	57	22	16	0,7
1977	64	35	30	1,1
1978	64	35	30	1,1
1979	53	36	20	0,8
1980	53	32	15	0,8
1981	26	15	9	0,4

*Ferme de 120 ha comprenant un verger de 15 à 20 ha.

Table 2 Insects captured per trap per week.

Year	Peripheral Sites				Inner Peripheral				Central Sites			
	RBLR[1]	OBLR[2]	CM[3]	AM[4]	RBLR	OBLR	CM	AM	RBLR	OBLR	CM	AM
1975	4.0	2.1	2.1	—	2.7	1.1	1.4	—	0.1	0.3	0.5	—
1976	3.2	5.9	3.2	—	1.4	3.4	1.5	—	0.4	2.4	0.1	—
1977	3.3	6.5	2.0	—	1.1	4.5	0.9	—	0.2	2.0	0.1	—
1978	4.1	5.3	1.2	0.1	2.3	2.7	0.7	0	0.3	1.5	0	0
1979	6.6	2.8	1.3	0.3	2.8	1.4	0.4	0.2	1.6	0.6	0.2	0.1
1980	8.5	2.1	1.0	1.5	4.1	1.0	0.5	0.6	2.3	0.9	0.3	0.4
1981	—	3.5	1.2	0.7	—	2.9	1.0	0.5	—	2.2	1.2	0.2

[1] red banded leaf roller
[2] oblique banded leaf roller
[3] codling moth
[4] apple maggot

Tableau 2. Nombre d'insectes capturés par piège par semaine.

Année	Pièges en périphérie				Pièges à l'intérieur du périmètre				Pièges du centre du verger			
	TBR[1]	TBO[2]	PP[3]	MP[4]	TBR	TBO	PP	MP	TBR	TBO	PP	MP
1975	4,0	2,1	2,1	—	2,7	1,1	1,4	—	0,1	0,3	0,5	—
1976	3,2	5,9	3,2	—	1,4	3,4	1,5	—	0,4	2,4	0,1	—
1977	3,3	6,5	2,0	—	1,1	4,5	0,9	—	0,2	2,0	0,1	—
1978	4,1	5,3	1,2	0,1	2,3	2,7	0,7	0	0.3	1.5	0	0
1979	6,6	2,8	1,3	0,3	2,8	1,4	0,4	0,2	1,6	0,6	0,2	0,1
1980	8,5	2,1	1,0	1,5	4,1	1,0	0,5	0,6	2,3	0,9	0,3	0,4
1981	—	3.5	1,2	0,7	—	2,9	1,0	0,5	—	2,2	1,2	0,2

[1] Tordeuse à bandes rouges.
[2] Tordeuse à bandes obliques.
[3] Pyrale de la pomme.
[4] Mouche de la pomme.

Table 3. Percent fruit damage at harvest in insecticide-free and insecticide-treated orchard blocks.

Pest	Insecticide-free						Insecticide-treated					
	Central			Peripheral			Central			Peripheral		
	1979	1980	1981	1979	1980	1981	1979	1980	1981	1979	1980	1981
C.M.	0	2.1	5.6	0	1.7	8.0	0	0	0	0	0	0
A.M.	0	0	4.8	0	4.0	5.7	0	1.1	0.8	0.2	0	0.3
Other	20.7	28.8	32.8	9.3	32.0	44.1	1.3	1.6	0.4	4.4	1.6	2.9
TOTAL	20.7	30.9	43.2	9.3	37.7	57.8	1.3	2.7	1.2	4.6	1.6	3.2

Tableau 3. Pourcentage de fruits endommagés au moment de la récolte dans les sections traitées et non traitées

Ravageur	Sections non traitées						Sections traitées					
	Centre			Périphérie			Centre			Périphérie		
	1979	1980	1981	1979	1980	1981	1979	1980	1981	1979	1980	1981
Pyrale de la pomme	0	2,1	5,6	0	1,7	8,0	0	0	0	0	0	0
Mouche de la pomme	0	0	4,8	0	4,0	5,7	0	1,1	0,8	0,2	0	0,3
Autres	20,7	28,8	32,8	9,3	32,0	44,1	1,3	1,6	0,4	4,4	1,6	2,9
TOTAL	20,7	30,9	43,2	9,3	37,7	57,8	1,3	2,7	1,2	4,6	1,6	3,2

levels of damage in insecticide-treated and insecticide-free central and peripheral blocks (Table 3). Pest control in the insecticide treated blocks has been accomplished with five to six insecticide applications annually.

En règle générale, on a capturé moins d'insectes dans les endroits centraux qu'en périphérie, sauf dans le cas de la pyrale en 1981, année où le nombre de pièges avait été réduit (Tableau 2). En moyenne, au cours de la période 1975-1978,

Both CM and AM injury has been increasing annually in the insecticide-free blocks (Table 3). Earlier studies at the Smithfield Experimental Farm showed that CM injury increased from trace levels to approximately 50% of the fruit infested when no insecticide was applied for three years. In this study the buildup of CM in insecticide-free blocks is appreciably slower. AM injury is increasing because the efficiency of the traps is not as great as with pheromone traps. Peripheral trapping, especially when the higher trap density is maintained, may provide some degree of control for pests when effective traps are available. This technique alone does not provide commercial pest control because of infestations of other insects such as plum curculio and spring feeding caterpillars, for which effective traps are not available.

Researchers at the Smithfield Experimental Farm will be testing this concept of peripheral trapping combined with peripheral spraying to reduce CM infestions in central untreated areas. We hope to be able to develop an economic threshold for CM and suggest improved ways to implement effective monitoring programs on a larger scale.

G. Warner is a pomologist and S. Hay is a technician at the Smithfield Experimental Farm.

65% des insectes totaux capturés l'ont été dans les pièges périphériques.

De 1979 à 1981, on a interrompu les applications d'insecticides dans certaines sections centrales et périphériques du verger, puis évalué chaque année les dégâts causés aux fruits à la fois dans ces sections et dans les parcelles traitées (Tableau 3). La lutte antiparasitaire dans ces dernières consistait en cinq ou six applications d'insecticides chaque année.

Les dégâts causés par la pyrale et la mouche de la pomme ont progressé d'année en année dans les sections non traitées (Tableau 3). Des études antérieures effectuées à la Ferme expérimentale de Smithfield avaient établi qu'après 3 ans sans pulvérisation d'insecticides, les dégâts causés par la pyrale passaient d'un niveau négligeable à environ 50% des fruits attaqués. Dans la présente étude, l'infestation de ce ravageur dans les sections non traitées a été nettement moindre. Les dégâts causés par la mouche de la pomme ont augmenté parce que les pièges utilisés ne sont pas aussi efficaces que les pièges aux phérormones. Le piégeage périphérique, en particulier lorsqu'on maintient une forte densité de pièges, peut permettre un certain degré d'enraiement des ravageurs pour lesquels il existe des pièges efficaces. Cette technique ne saurait répondre à tous les besoins de la lutte antiparasitaire commerciale à cause des infestations d'autres insectes tels que le charançon de la pomme et les chenilles (surtout au printemps) que l'on ne peut piéger efficacement.

Les chercheurs de la Ferme expérimentale de Smithfield mettront à l'essai ce concept de piégeage périphérique combiné à des pulvérisations en périphérie également comme moyen de réduire la gravité des infestations de pyrales dans les endroits non traités au centre du verger. Nous espérons être en mesure de déterminer un seuil économique pour la lutte contre ce ravageur, et de recommander des programmes de surveillance plus efficaces, applicables sur une grande échelle.

J. Warner est pomologiste et S. Hay technicien à la Ferme expérimentale de Smithfield.

Weather factors and Fusarium head blight in wheat

W.J. Blackburn, R.B. Stewart and G.A. Neish

Crop diseases result from an interaction among the host, the pathogen, and the environment. A study currently in progress will determine the feasibility of using meteorological data to forecast the occurrence of Fusarium infection in wheat and the subsequent development of vomitoxin.

Solution of agricultural problems often requires information from several related disciplines. With this realization, the concept of integrated pest management has become a recognized approach for tackling numerous crop disease and pest problems. Factors involving the biology of the crop and pest in relation to the environment are considered. This approach is particularly appropriate when dealing with disease

Facteurs météorologiques et brûlure fusarienne de l'épi du blé

W.J. Blackburn, R.B. Stewart et G.A. Neish

Les maladies des plantes résultent d'une interaction entre l'hôte, l'agent pathogène et le milieu. Une étude en cours déterminera la faisabilité de recourir à des données météorologiques pour prédire l'infection fusarienne chez le blé et la production de vomitoxine qui en résulte.

La solution des problèmes agricoles nécessite souvent de l'information provenant de plusieurs disciplines connexes. Cette prise de conscience est à l'origine du concept de «lutte antiparasitaire intégrée», qui est maintenant une approche reconnue dans la lutte contre les maladies et les ravageurs des plantes. On prend en considération divers facteurs intéressant à la fois la biologie de la plante et celle du ravageur

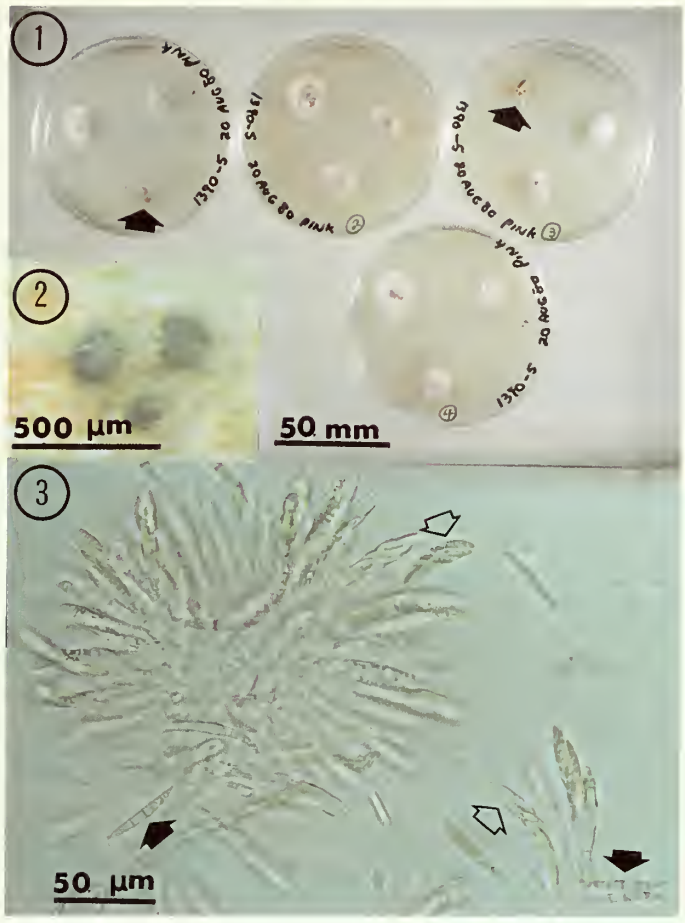


Figure 1. Fusarium graminearum mycelium growing from surface-disinfected Ontario winter wheat kernels into an agar medium especially designed for the isolation of Fusarium species. Two kernels (arrows) that were not infected have germinated.

Figure 1. Mycélium de Fusarium graminearum se développant à partir de grains de blé d'hiver de l'Ontario à surface désinfectée, dans un milieu de culture spécialement conçu pour isoler l'espèce Fusarium. Deux grains (flèches) qui n'étaient pas infectés ont germé.

Figure 2. Perithecia of Gibberella zeae, the sexual form of Fusarium graminearum growing on autoclaved wheat straw. The name Fusarium graminearum should not be used to refer to the sexual form of this species. It should be applied only to the asexual Fusarium form. The name Gibberella zeae on the other hand, can be used for both the sexual and asexual forms.

Figure 2. Périthèces de Gibberella zeae, qui est la forme sexuée de Fusarium graminearum, croissant sur de la paille de blé autoclavée. On n'utilise l'appellation Fusarium graminearum que pour désigner la forme non sexuée de cette espèce. D'autre part, le nom Gibberella zeae convient aux deux formes, sexuée et non sexuée.

Figure 3. Asci, ascospores (open arrows) and conidia (closed arrows) of Gibberella zeae. Ascospores are sexual spores produced in the asci inside the perithecia. Normally each ascus produces 8 ascospores as a result of a meiotic division being followed by a mitotic division. Conidia are asexual spores produced by special cells on the fungal filaments or hyphae. The conidia shown here have the boat-shape characteristic of Fusarium species.

Figure 3. Asques, ascospores (flèches ouvertes) et conidies (flèches fermées) de Gibberella zeae. Les ascospores sont des spores sexuées produites dans l'asque à l'intérieur des périthèces. Normalement, chaque asque produit huit ascospores au terme d'une division méiotique suivie d'une division mitotique. Les conidies sont des spores asexuées produites par des cellules spéciales sur les filaments fongiques ou hyphes. Les conidies illustrées ici ont la forme de «bateau» caractéristique du genre Fusarium.

outbreaks resulting from either fungal infection or damage caused by insects. Infection or infestation is often correlated with a specific range of temperature, moisture, or heat accumulation. Integration of meteorological and biological data has been used to identify correlations between disease outbreak and weather conditions before and around the time of infection or disease visibility.

This approach is currently being used to relate weather factors to the occurrence of *Fusarium graminearum* Schwabe [*Gibberella zeae* (Schw.) Petch] in wheat and the subsequent development of vomitoxin (deoxynivalenol). Monitoring of Canadian wheat for vomitoxin contamination in recent years has been carried out in Alberta, Saskatchewan, Manitoba, Ontario, Quebec, Prince Edward Island, Nova Scotia, and New Brunswick. The associated *Fusarium* disease is most prevalent in areas characterized by a moist climate and is usually recognized either as head blight or scab. Hence, an understanding of the meteorological parameters involved in promoting the disease is important. Disease expression results ultimately from an interaction among the plant host, dans leurs rapports avec le milieu. Cette méthode est particulièrement fructueuse lorsqu'on traite d'infections fongiques ou encore de dégâts causés par les insectes. Il existe souvent une corrélation entre l'infection ou l'infestation et un écart particulier de conditions de température, d'humidité ou d'accumulation thermique. L'intégration des données météorologiques et biologiques permet donc de dégager les corrélations existant entre l'infestation et les conditions météorologiques observées avant et pendant l'apparition des symptômes.

On utilise actuellement cette approche pour déterminer les facteurs météorologiques présidant à l'apparition de la fusariose *Fusarium graminearum* Schwabe [*Gibberella zeae* (Schw.) Petch] du blé et la production subséquente de vomitoxine (déoxynivalenol). Ces dernières années, on a surveillé la présence de vomitoxine dans le blé canadien en Alberta, en Saskatchewan, au Manitoba, en Ontario, au Québec, à l'Île-du-Prince-Édouard, en Nouvelle-Écosse et au Nouveau-Brunswick. La fusariose qui en est responsable se manifeste surtout dans les régions caractérisées par un climat humide, et ses symptômes sont habituellement une brûlure de l'épi ou une gale. Il est donc important de comprendre les paramètres météorologiques favorisant l'apparition de la maladie. Celle-ci résulte en fin de compte d'une interaction entre l'hôte végétal, le champignon pathogène et le milieu. Des pertes de récolte peuvent résulter de la diminution de rendement, de la baisse de qualité du blé, de la brûlure des semis lorsque des semences infectées ont été utilisées, et d'une toxicité possible des grains infectés destinés à l'alimentation humaine. Bien que la brûlure fusarienne de l'épi de blé ne soit pas nouvelle, la vomitoxine n'a été découverte que récemment. Par conséquent, la base de

the fungal pathogen, and the environment. Crop losses may include reduced yield, lower grain quality, seedling blight when infected grain is used as seed, and possible toxicity of infected grain used for food. Although the occurrence of *Fusarium* head blight is not new, vomitoxin has been discovered only recently. Hence, the data base on which definitive statements or predictions can be made regarding the occurrence and distribution of vomitoxin is extremely limited.

The idea of forecasting *Fusarium* outbreak or infection in the crop arises from the continued success of other researchers who have successfully developed prediction techniques in other crop related problems such as carrot blight, potato blight and the apple scab fungus. Some of these attempts are related specifically to fungicide spray management programs. In these cases, weather variables were correlated to disease outbreak allowing better timed and possibly fewer fungicide applications. It is hoped that a similar approach can be used in the current study to define some of the environmental factors associated with *Fusarium* head blight and vomitoxin. Historical data for southern Ontario have already shown that vomitoxin contamination is associated with kernels sprouting on plants in the field and with pink discolouration of the kernels during a summer characterized by high rainfall and high humidity. Work on corn in this same region has shown that the incidence of *Fusarium* infection and the mycotoxin zearalenone can also be correlated with rainfall. Zearalenone is produced by the same fungus that produces vomitoxin. However, the triggering mechanisms that promote disease visibility and toxin production are still poorly understood and we still do not know the conditions that favor the preferential synthesis of one or the other of the toxins.

In this study, meteorological data (i.e., rainfall, humidity, temperature, sunshine and wind) will be merged with crop phenological data and toxin analysis results to investigate potential inter-relationships among the fungus, the host plant, and the environment for use in forecasting *Fusarium* outbreak and potential high risk areas for vomitoxin. An analysis of meteorological data observed in the vicinity of vomitoxin sampling sites is planned to determine whether or not high risk areas are associated with a particular combination of meteorological factors.

The reader is referred to the following references as examples:

(a) Gillespie, T.J. and J.C. Sutton, 1979. A predictive scheme for timing fungicide applications to control alternaria leaf blight in carrots. *Can. J. Plant Path.*, 1, 95-99.

(b) Krause, R.A., L.B. Massie and R.A. Hyre. 1975. Blitecast: a computerized forecast of potato late blight. *Plant Dis. Reptr.*, 59, 95-98.

(c) Proctor, J.T.A., W.J. Blackburn, T.J. Gillespie and B.H. MacNeill, 1982. Prediction of apple scab ascospore development for fungicide spray management. Final Report to the Ontario Ministry of Agriculture and Food. University of Guelph, Guelph, Canada. 91 pp.

Drs. Blackburn and Stewart are agrometeorologists in Agriculture Canada's Crop Production Division, R.D.I.A. Branch, Ottawa.

Dr. Neish is a mycologist in Agriculture Canada's Biosystematics Research Institute, Research Branch, Ottawa.

données sur laquelle on peut se fonder pour faire des déclarations ou des prédictions définitives quant à la présence et à l'étendue de la vomitoxine est extrêmement limitée.

L'idée de prédire les infections de la fusariose chez le blé est née des succès remportés par d'autres chercheurs ayant mis au point des techniques de prévision d'autres problèmes liés aux cultures, tels que la pourriture de la carotte, le mildiou de la pomme de terre et la tavelure de la pomme. Certaines de ces tentatives vont de pair avec des programmes d'application de fongicides. Dans ces cas, on a établi une corrélation entre les variables météorologiques et la manifestation de la maladie de manière à réduire les applications de fongicides et de les effectuer aux moments les plus opportuns. On espère élaborer ici une méthode analogue en définissant certains des facteurs environnementaux associés à la brûlure de l'épi et à la production de vomitoxine. Les données réunies pour le Sud de l'Ontario ont déjà permis d'établir que la contamination par la vomitoxine est reliée à la germination sur pied et à la décoloration rose des grains, phénomène fréquent durant les étés caractérisés par des précipitations abondantes et une forte humidité. Les travaux effectués sur le maïs dans la même région ont révélé l'existence d'une corrélation entre les précipitations et la fréquence de la pourriture fusarienne et l'apparition de la mycotoxine zéaralénone qui est produite par le même champignon que la vomitoxine. Toutefois, les mécanismes régissant l'apparition de la maladie et la production de toxine sont encore mal compris, et nous ignorons toujours les conditions qui favorisent la synthèse préférentielle de l'une ou l'autre des toxines.

Dans la présente étude, nous fusionnerons les données météorologiques (précipitations, humidité, température, insolation et vent) et les données phénologiques des cultures ainsi que les résultats des analyses à l'égard des toxines, de manière à dégager des interdépendances possibles entre le champignon, la plante hôte et le milieu, puis à prédire les foyers de fusariose ainsi que les régions présentant un risque élevé de production de vomitoxine. On prévoit effectuer une analyse des données météorologiques dans le voisinage des points d'échantillonnage à l'égard de la vomitoxine afin de déterminer si les régions à risque élevé sont soumises à une combinaison particulière de facteurs météorologiques.

On trouvera des exemples dans les ouvrages suivants:

a) Gillespie, T.J. et J.C. Sutton, «A predictive scheme for timing fungicide applications to control alternaria leaf blight in carrots», *Can. J. Plant Path.*, nº 1, 1979, p. 95-99.

b) Krause, R.A., L.B. Massie et R.A. Hyre, «Blitecast: a computerized forecast of potato late blight», *Plant Dis. Reptr.*, vol. 59, 1971, p. 95-98.

c) Proctor, J.T.A., W.J. Blackburn, T.J. Gillespie et B.H. MacNeill, *Prediction of apple scrab ascospore development for fungicide spray management*, rapport final au ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation de l'Ontario, Université de Guelph, Guelph, Canada, 1982, 91 p.

W.J. Blackburn et R.B. Stewart sont agrométéoroiogues à la Division de la production végétale, Direction générale du développement régional et des affaires internationales, Agriculture Canada, à Ottawa.

G.A. Neish est mycologue à l'Institut de recherches biosystématiques, Direction générale de la recherche, Agriculture Canada, à Ottawa.

Bacterial Viruses Active Against Beef Spoilage Bacteria

G. Gordon Greer

Considerable progress has been made in isolating pseudomonad strains as the major bacteria that contribute to beef spoilage in cooler displays. Scientists at Agriculture Canada's research station at Lacombe have successfully isolated and purified bacteriophages (phages) active against beef spoilage pseudomonads. Experiments outlined indicate that phages can be used to identify specific strains of spoilage bacteria. In addition, phages can delay the growth of spoilage bacteria by up to 5 days in liquid culture media. If this type of growth inhibition could be replicated on the surface of beef, phages may provide a unique means for extending the shelf life of retail beef. This research is being continued at the Lacombe Research Station.

Introduction

The term psychrotroph was proposed in 1960 to describe bacteria capable of growth at 5°C or less. Many investigators have established that psychrotrophic bacterial growth on fresh, refrigerated meats produced undesirable odors, flavors, surface discoloration and slime. These aesthetically detrimental alterations in the product result in considerable spoilage losses. Consequently, the detection and control of psychrotrophic bacteria are prime concerns of the meat industry.

Psychrotrophic bacteria belonging to the genus *Pseudomonas* constitute the predominant flora on spoiled beef. It is the growth and accompanying activities of these organisms that produce the undesirable changes cited above. However, results derived from cultural and biochemical tests have not provided sufficient information for the precise identification of these *Pseudomonas* strains. As a supplement to biochemical tests, some investigators have successfully used bacterial viruses (bacteriophages, phages) to identify *Pseudomonas* strains from other sources. These phages destroy their bacterial host cells by infecting the organism, replicating within the cell and eventually lysing the bacteria with the release of newly formed phages. In view of this, current research at Agriculture Canada's Research Station at Lacombe has been concerned with the isolation and purification of phages active against beef spoilage pseudomonads. The objectives of studies involving phage were twofold. Firstly, a set of specific phages may also be of taxonomic value in rapidly typing beef spoilage bacteria and secondly, phages may provide a unique method for the biological control of spoilage.

Phage Isolation and Bacterial Classification

A number of phage-host systems have been documented in a variety of refrigerated foods and it was anticipated that phages would also be found in association with their bacterial hosts on spoiled beef. Initially, a total of 40 bacteria of the genus *Pseudomonas* were isolated and purified from spoiled rib steaks. These organisms were then used as hosts for the isolation of phages from aqueous extracts of homogenized beef. This technique resulted in the successful isolation of 38 phages capable of lysing all but 3 of the bacterial hosts. Although some of these phages were active only on 1 bacterial strain, others exhibited a much broader host range in that up to 40% of the *Pseudomonas* strains tested were susceptible to lysis by a single phage.

Les virus bactériens actifs contre les bactéries responsables de l'altération du bœuf

G. Gordon Greer

Des progrès considérables ont été réalisés pour isoler la souche *Pseudomonas* comme étant la principale bactérie qui contribue à l'altération du bœuf dans les vitrines frigorigiques. Des chercheurs de la Station de recherches d'Agriculture Canada à Lacombe ont réussi à isoler et à purifier des phages actifs contre les *Pseudomonas* responsables de l'altération du bœuf. Les expériences mentionnées indiquent que les phages peuvent, en culture liquide, retarder jusqu'à cinq jours la croissance des bactéries responsables de l'altération. Si on peut reproduire ce retard sur la surface du bœuf dans les entrepôts frigorifiques, on pourra accroître considérablement la durée de conservation de la viande à l'étalage. Les recherches se poursuivent à la station de Lacombe.

Introduction

La terme psychrotrophe a été proposé en 1960 pour décrire les bactéries capables de se développer à une température inférieure ou égale à 5°C. De nombreux chercheurs ont constaté que la croissance des bactéries psychrotrophes sur les viandes fraîches réfrigérées produisait des odeurs et des saveurs indésirables, une décoloration de la surface et des mucosités. Ces altérations du produit préjudiciables sur le plan esthétique provoquent des pertes considérables. En conséquence, la détection et la lutte contre les bactéries psychrotrophes constituent des préoccupations importantes pour l'industrie des viandes.

Les bactéries psychrotrophes appartenant au genre *Pseudomonas* constituent la flore dominante sur le bœuf altéré. C'est le développement et les activités subséquentes de ces organismes qui produisent les altérations indésirables susmentionnées. Cependant, les résultats de tests biochimiques et de culture n'ont pas fourni suffisamment de renseignements pour permettre d'identifier avec précision ces souches *Pseudomonas*. Pour compléter les tests biochimiques, certains chercheurs ont utilisé avec succès des virus bactériens (bactériophages, phages) pour identifier les souches *Pseudomonas* à partir d'autres sources. Ces phages détruisent les cellules de leur hôte bactérien en contaminant l'organisme, en se reproduisant dans la cellule et parfois en lysant les bactéries avec la libération de phages nouvellement formés. Étant donné ces constatations, les recherches actuelles effectuées à la Station de recherches d'Agriculture Canada à Lacombe se préoccupent de l'isolation et de la purification des phages actifs contre les *Pseudomonas* responsables de l'altération du bœuf. Les études impliquant les phages ont un double objectif. Tout d'abord, un ensemble de phages spécifiques peut également avoir une valeur taxonomique en permettant un typage rapide des bactéries provoquant l'altération du bœuf et ensuite les phages peuvent fournir une méthode unique de lutte biologique contre l'altération du bœuf.

Isolation des phages et classification des bactéries

Un certain nombre de systèmes phage-hôte a été constaté sur une variété d'aliments réfrigérés et on s'attendait à trouver également des phages associés à leurs hôtes bactériens

Figure 1. The effect of phage on sensitive (A) and resistant (B) beef spoilage bacteria. Clear areas of lysis are evident (1, 2 and 3) where phage was spotted on the sensitive strain (A) but not the resistant strain (B).

Figure 1. Les effets d'un phage sur des bactéries sensibles (A) et résistantes (B) responsables de l'altération du bœuf. Les zones claires de la lyse sont évidentes (1, 2 et 3) lorsque le phage a été «implanté» sur la souche sensible (A) mais pas sur la souche résistante (B).

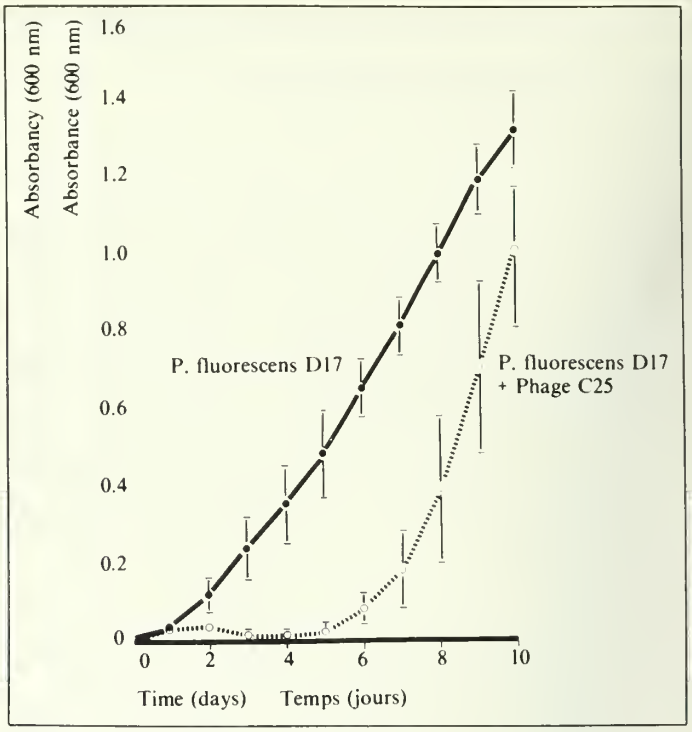


Figure 2. The effect of phage on the growth of a beef spoilage pseudomonad in a liquid culture medium.

Figure 2. Les incidences d'un phage sur le développement d'une souche Pseudomonas responsable de l'altération de la viande de bœuf dans un milieu de culture liquide.

The sensitivity of bacteria to phage attack and subsequent lysis is dependent upon a variety of factors peculiar to the bacterial strain in question. Bacterial resistance/sensitivity to a specific phage is readily determined by spotting the phage on an agar medium overlayed with bacterial cells. The plates depicted in Figure 1 compare the effects of a phage (isolated from beef) on two distinct spoilage bacteria (A and B). When phage is spotted (1, 2 and 3) on plates overlayed with a sensitive bacteria (A) clear areas result where the bacteria are lysed. Contrarily, phage has no effect on a resistant bacteria (B).

A phage typing scheme is based upon the pattern of susceptibility of bacteria to lysis by a set of phages (phage lysotypes). These lysotypes provide a rapid method for identifying different bacterial strains. At Lacombe, we have tested the sensitivity of 40 beef spoilage pseudomonads to lysis by all the 38 phages isolated. The result was the establishment of 38 distinct phage lysotypes. In all but two instances these lysotypes comprised single bacterial strains. These findings indicate that spoiled beef harbors a large number of distinct bacterial strains that can be quickly differentiated by phage typing. Furthermore, phage typing could prove useful in assessing strain distribution during beef spoilage.

Effect of Phage on Bacterial Growth

Bacterial growth in liquid culture media can be followed quite simply by measuring changes in turbidity. Using this technique we have determined the effects of phage on the growth of a *Pseudomonas* strain incubated at 7°C. The results (Figure 2) show that phage limits bacterial growth by delaying the onset of growth by more than 5 days. However,

sur le bœuf altéré. Au départ, 40 bactéries du genre *Pseudomonas* ont été isolées et purifiées à partir d'entrecôtes altérées. Ces organismes ont ensuite servi d'hôtes pour isoler des phages à partir d'extraits aqueux de bœuf homogénéisé. Cette technique a permis d'isoler 38 phages capables de lyser tous les hôtes bactériens à l'exception de trois. Même si certains de ces phages n'agissaient que sur une souche bactérienne, d'autres se sont montré des hôtes beaucoup plus actifs puisque jusqu'à 40% des souches *Pseudomonas* éprouvées pouvaient être lysées par un seul phage.

La sensibilité des bactéries face à l'attaque des phages et la lyse subséquente dépendent d'un grand nombre de facteurs particuliers à la souche bactérienne concernée. On peut facilement déterminer la résistance ou la sensibilité des bactéries face à un phage particulier en «implantant» le phage sur un milieu de gélose recouvert de cellules bactériennes. Les plaques présentées à la Figure 1 comparent les effets d'un phage (isolé du bœuf) sur deux bactéries distinctes responsables de l'altération de la viande (A et B). Lorsque le phage est «implanté» (1, 2 et 3) sur les plaques recouvertes d'une bactérie sensible (A), on constate des zones claires lorsque les bactéries sont lysées. Au contraire, le phage n'a aucun effet sur une bactérie résistante (B).

Le processus de typage d'un phage est basé sur le profil de susceptibilité de la bactérie à la lyse par un ensemble de phages (lysotypes de phage). Ces lysotypes fournissent une méthode rapide d'identification des différentes souches bactériennes. À Lacombe, nous avons testé la sensibilité à la lyse des 40 *Pseudomonas* responsables de l'altération du bœuf par les 38 phages isolés. Il en est résulté la création de 38 lysotypes de phages distincts. Dans tous les cas sauf deux, ces lysotypes comportaient des souches bactériennes

after this initial inhibition, bacterial growth began and continued at a rapid rate. These bacteria were found to be phage resistant mutants. Thus, although phage can effectively limit the growth of spoilage pseudomonads they can select for bacterial mutants which are no longer susceptible to phage.

Summary and Conclusion

This report describes the isolation of a large number of bacterial viruses (phages) from spoiled, retail steaks. On the basis of differential susceptibility to phage, beef spoilage bacteria could be classified into distinct lysotypes. Thus, phage typing would be a useful adjunct to biochemical tests in rapidly classifying spoilage bacteria.

It would be of immediate value to investigate the application of phages to the biological control of beef spoilage. Results presented herein have demonstrated that phage can delay the growth of a spoilage *Pseudomonas* strain by up to 5 days in liquid culture. If bacterial growth could be limited to this extent on the meat surface a considerable improvement in beef shelf life would result. It should be stressed, however, that high concentrations of phage may select for phage resistant bacterial mutants which could, conceivably, induce spoilage. The effects of phage-host interaction on beef shelf life remains to be determined and studies of this nature are currently being initiated.

Dr. Greer is a biochemist at Agriculture Canada Research Station, Lacombe, Alberta.

uniques. Ces découvertes indiquent que le bœuf altéré donne asile à un certain nombre de souches bactériennes distinctes que l'on peut différencier rapidement par lysotypie. En outre, la lysotypie pourrait s'avérer utile pour évaluer la répartition des souches pendant l'altération de la viande de bœuf.

Effet des phages sur la croissance bactérienne

On peut suivre assez facilement la croissance bactérienne dans des milieux de culture liquide en mesurant les variations de la turbidité. À l'aide de cette technique, nous avons déterminé les incidences des phages sur la croissance d'une souche *Pseudomonas* incubée à 7°C. Les résultats (Figure 2) indiquent que les phages limitent le développement bactérien en retardant le début du développement de plus de cinq jours. Cependant, après cette inhibition initiale, le développement bactérien a commencé et s'est poursuivi à un rythme rapide. Ces bactéries se sont révélées être des mutants résistant aux phages. En conséquence, même si les phages peuvent réussir à limiter le développement des *Pseudomonas* responsables de l'altération du bœuf, ces dernières peuvent choisir des mutants bactériens qui ne sont plus vulnérables aux phages.

Résumé et conclusion

Le présent rapport a décrit le processus d'isolation d'un grand nombre de virus bactériens (phages) à partir de biftecks altérés destinés à la vente au détail. D'après la susceptibilité différentielle aux phages, les bactéries responsables de l'altération du bœuf pourraient être classées en lysotypes distincts. La lysotypie constituerait donc un ajout utile aux tests biochimiques pour classer rapidement les bactéries responsables de l'altération de la viande de bœuf.

Il serait intéressant d'étudier immédiatement l'application des phages à la lutte biologique contre l'altération de la viande de bœuf. Les résultats présentés ici ont démontré que les phages peuvent retarder jusqu'à cinq jours le développement d'une souche de *Pseudomonas* en milieu de culture liquide. Si l'on pouvait limiter à ce point le développement des bactéries à la surface de la viande, on pourrait améliorer considérablement la durée de conservation du bœuf à l'étalage. Cependant, il convient de souligner que de fortes concentrations de phages pourraient choisir des mutants bactériens résistant aux phages qui pourraient éventuellement provoquer l'altération de la viande. Il reste à déterminer les incidences de l'interaction phage-hôte sur la durée de conservation du bœuf à l'étalage et des études de ce genre sont actuellement en cours.

M. Greer est microbiologiste à la Station de recherches d'Agriculture Canada à Lacombe.

Strawberry and raspberry fruit rot control in British Columbia

J.A. Freeman and H.S. Pepin

Fruit rot is the most serious disease problem facing strawberry and raspberry producers. Weather is an important element in the development of fruit rot. Resistant varieties and cultural practices are mentioned as ways of reducing losses. The most effective way of controlling fruit rot is frequent spraying with fungicides having the broadest spectrum of activity or using a mixture of fungicides. Rapid development of resistance is stated as a major problem but spraying is suggested as the acceptable control method of the future.

Fruit rots can cause more losses in strawberry and raspberry production throughout the world than any other single cause. In British Columbia estimated losses average 25%. In bad years, such as 1980 and 1981, losses can be as high as 50% in unsprayed fields. There is no doubt that fruit rot is the most serious disease problem facing the strawberry and raspberry grower today.

Fruit rot, however, is not just one disease. Several organisms are involved. The most common and most serious is *Botrytis cinerea*, the causal agent of gray mold. Second in importance in some years in B.C. is *Rhizopus stolonifer*, the cause of leak. Powdery mildew, on occasion, can be serious. It does not actually rot the fruit, but reduces its quality by dulling the surface with superficial mycelia and increasing the chances of bruising and physiological breakdown. The green molds, *Penicillium* and *Cladosporium*, and the dark mold, *Alternaria*, occur occasionally but are of minor importance.

Weather plays a very important role in the development of fruit rot. Gray mold, particularly, depends on the weather conditions prevailing throughout the flowering and fruit ripening period to the end of the harvest. Cool, wet weather favors *Botrytis* infection. Gray mold may infect flowers and green fruit, especially following frost or other injuries to the flower-stalk or caps or where senescent petals adhere to the fruit. Gray mold often appears on the immature green fruit, appearing as brown spots close to the edge of the calyx. The lesions then spread over the entire ripening fruit. These symptoms are chiefly the outcome of an early flower infection. Infections may remain latent. As the berries mature they become more susceptible and the disease suddenly appears overnight. This is a case of the mycelium infecting the floral parts and subsequently invading the stem end. The mycelium remains inactive until the fruit ripens consequently infected fruit may escape notice during picking. This latent infection can be prevented by taking early measures against blossom infection. Spraying during the period of blossom is also essential in dry weather, since high humidity or formation of dew during the flowering period provides favorable conditions for an early infection.

Powdery mildew is particularly serious during periods of warm day temperatures with heavy dews at night. *Rhizopus* (leak or soft rot) tends to increase with temperature and *Botrytis* decreases.

In excessively wet seasons growers should expect increased problems with fruit rots. The proper spray program will certainly help control these rots but there are certain cultural practises which should be followed to reduce suscep-

Lutte contre la pourriture du fruit du fraisier et du framboisier en Colombie-Britannique

J.A. Freeman et H.S. Pepin

La pourriture du fruit est le plus grave problème auquel doivent faire face les producteurs de fraises et de framboises, et les conditions météorologiques jouent un rôle important dans l'apparition de cette maladie. L'emploi de variétés résistantes et de pratiques culturales convenables permet de réduire les pertes. La façon la plus efficace d'enrayer la pourriture du fruit est d'effectuer des pulvérisations fréquentes à l'aide des fongicides les plus polyvalents, ou encore d'un mélange de fongicides. Un problème important est alors le développement rapide d'une résistance aux fongicides, mais les pulvérisations demeurent néanmoins la méthode de lutte de l'avenir.

La pourriture du fruit peut occasionner plus de pertes dans les fraiseraies et les framboiseraies à travers le monde que tout autre problème. En Colombie-Britannique, on estime que ces pertes s'élèvent en moyenne à 25%. Dans les mauvaises années, telles que 1980 et 1981, elles peuvent atteindre 50% dans les champs non traités. Il ne fait donc aucun doute que la pourriture du fruit constitue le plus grave problème auquel doivent faire face à l'heure actuelle les producteurs de fraises et de framboises.

L'expression «pourriture du fruit» ne désigne toutefois pas une seule maladie. Plusieurs organismes sont en cause. Le plus commun et le plus dévastateur est *Botrytis cinerea*, responsable de la moisissure grise. Au second rang depuis quelques années en Colombie-Britannique vient *Rhizopus stolonifer*, qui provoque une pourriture aqueuse. Le blanc peut à l'occasion causer des dégâts sérieux. Il ne fait pas directement pourrir le fruit, mais réduit sa qualité en recouvrant sa surface de mycélium et en accroissant les risques de meurtrissure et de décomposition interne. Les moisissures vertes *Penicillium* et *Cladosporium*, ainsi que la moisissure foncée *Alternaria*, se manifestent occasionnellement mais ne causent que des dégâts mineurs.

Les conditions météorologiques jouent un rôle très important dans l'apparition de la pourriture du fruit. La moisissure grise en particulier est fonction du temps qu'il fait pendant toute la période de la floraison et du mûrissement des fruits, jusqu'à la fin de la récolte. Le temps frais et humide favorise cette infection par *Botrytis*. La moisissure grise peut attaquer les fleurs et les fruits verts, en particulier après un gel ou d'autres accidents de la tige ou du calice des fleurs, ou encore lorsque les pétales sénescentes adhèrent aux fruits. Les fruits verts sont souvent attaqués et on décèle alors des taches brunes près du bord du calice. Les lésions s'étendent ensuite à l'ensemble du fruit pendant le mûrissement. Ces symptômes résultent essentiellement d'une infection hâtive des fleurs. Il arrive toutefois que l'infection demeure latente. À mesure que les fruits mûrissent, ils deviennent plus sensibles et la maladie se déclare soudainement, du jour au lendemain. C'est le cas notamment lorsque le mycélium infecte les pièces florales pour ensuite envahir l'extrémité de la tige. Le mycélium demeure inactif tant que le fruit mûrit, si bien que des fruits infectés peuvent passer inaperçus au moment de la cueillette. On peut prévenir cette

tibility to rot. Planting sites should be selected with good soil drainage and air circulation to reduce humidity. Plants should be exposed to direct sunlight and planted so that the rows are in the direction of the prevailing wind to promote faster drying of fruit and foliage. Any practise that promotes increased foliage indirectly promotes fruit rot.

Proper spacing of plants and applications of fertilizers are important. Excessive foliage will be produced by excessive use of nitrogen fertilizer and the dense foliage produced will shade the berries and prevent the fruit from drying during wet periods, creating ideal conditions for disease development.

Fruit should be picked early in the day as soon as it is dry, and handled carefully to avoid bruising. If the facilities are available the fruit should be promptly refrigerated at 0 to 10°C to check gray mold. Picked fruit should not be left sitting in the field any longer than necessary, and should be taken to the packers or market outlet as soon after picking as possible.

Fruit rot may be reduced by using resistant cultivars. Although no cultivar has a high level of resistance, some, such as the Totem, Shuksan and Tyee strawberry, and the Nootka red raspberry, show some resistance. Their use does not eliminate the necessity for fungicide spraying but does increase the effectiveness of the spray program.

Photo 1. Yield of sound and rotted berries from the control plot (no fungicide spray).

Photo 1 Rendement en fruits sains et en fruits attaqués dans la parcelle témoin (aucune pulvérisation de fongicide).

infection latente en intervenant dès la floraison. Les pulvérisations pendant cette période sont tout aussi essentielles par temps sec, puisque l'arrivée d'une pluie ou la formation de rosée créent des conditions favorables à une infection hâtive.

Le blanc sévit surtout pendant les périodes de temps chaud accompagnées de fortes rosées la nuit. *Rhizopus* (pourriture aqueuse ou molle) tend à croître avec la température et avec le recul de *Botrytis*.

Dans les saisons extrêmement humides, les producteurs peuvent s'attendre à éprouver plus de problèmes avec la pourriture du fruit. Un bon programme de pulvérisations contribuera certainement à l'enrayer, mais les pratiques culturales peuvent aussi jouer un rôle. L'emplacement et la plantation doivent se caractériser par un bon égouttement du sol et une bonne circulation de l'air de façon à réduire l'humidité. Les plants doivent être directement exposés au soleil et les rangs doivent être orientés dans la direction des vents dominants de manière à accélérer le séchage des fruits et du feuillage. Toute pratique favorisant une plus grande densité de feuillage favorise indirectement la pourriture du fruit.

L'écartement des plants et les applications d'engrais jouent un rôle important. L'emploi d'une trop grande quantité d'engrais azoté augmentera la densité du feuillage, lequel ombragera les fruits et les empêchera de sécher par temps humide, créant des conditions idéales pour le développement des maladies.

Les fruits doivent être cueillis tôt dans la journée, dès qu'ils sont secs, et on doit les manipuler avec soin pour éviter les meurtrissures. Lorsque les installations nécessaires sont disponibles, les fruits doivent être rapidement réfrigérés à 0-10°C, de manière à tenir en échec la moisissure grise. On ne doit pas laisser les fruits récoltés dans le champ plus longtemps que ce qui est absolument nécessaire, mais plutôt les livrer sans délai à l'emballeur ou au détaillant.

Une autre façon de combattre la pourriture du fruit est d'utiliser des cultivars résistants. Bien qu'aucun cultivar ne possède un niveau élevé de résistance, certaines variétés de fraises, telles que Totem, Shuksan et Tyee, et la variété de framboises rouges Nootka affichent une certaine résistance. Leur emploi n'élimine pas la nécessité de pulvériser des fongicides, mais accroît leur efficacité.

À l'heure actuelle, un bon programme de pulvérisation de fongicides demeure la façon la plus efficace de lutter contre la pourriture du fruit. Malheureusement, nos programmes de pulvérisation éprouvent des difficultés. Il y a 10 ans, le captane et le bénomyl (Benlate) étaient les deux seuls fongicides recommandés. Le second était plus efficace contre le blanc et *Botrytis*, mais le premier permettait d'enrayer un peu mieux *Rhizopus*. Nous continuons de recommander ces produits, mais leur utilité a changé.

Vu le développement de souches de *Botrytis* résistantes au bénomyl, ce fongicide ne donne plus de résultats satisfaisants dans la lutte contre la moisissure grise; il demeure efficace contre le blanc, mais le captane lui est supérieur contre *Botrytis*, et permet également d'enrayer *Penicillium*.

Photo 2. Enhanced yield of sound berries resulting from spraying with captan.

Photo 2 Rendement accru en fruits sains résultant de la pulvérisation de captane.

A good fungicide spray program remains the most effective way of controlling fruit rot at the present time. Unfortunately, our spray programs are in trouble. Ten years ago captan and benomyl (Benlate) were the only fungicides recommended. Benomyl gave superior control of mildew and *Botrytis*, but captan gave somewhat better control of *Rhizopus*. We still recommend benomyl and captan but the usefulness of these fungicides has changed.

Due to development of strains of *Botrytis* which are resistant to benomyl, this fungicide no longer gives satisfactory control of *Botrytis* rot. Benomyl is still effective for control of powdery mildew but captan gives better control of *Botrytis*. Captan also controls *Penicillium*. Recently, strains of *Botrytis* resistant to captan have been found and care needs to be taken to not allow these strains to become dominant. Neither fungicide will control *Rhizopus* effectively.

As of now, spraying with captan will significantly increase the yield of sound fruit but there will still be rotted berries in the field. This is a very important point because the grower, seeing rotted berries in the field, concludes that the spray was not effective, when, in fact, the yield of sound berries has been increased substantially (Photos 1 and 2).

Sprays must be applied regularly to prevent the disease from becoming established in the blossoms and developing fruit. Apply the first spray when the first blossoms open. In raspberries repeat at 7 to 10 day intervals. At least three sprays are recommended. With strawberries, repeat every 7 days. Continue the spray program regularly through the picking season. This may require a total of 8 sprays.

And what of the future? Greater use will be made of varieties having a low incidence of fruit rot, coupled with the use of a broad spectrum fungicide. Some progress has been made with varietal resistance but the fungicides have become less effective.

Over the years many fungicides were tested singly or in combination, but for several reasons we are now down to the two fungicides which were recommended in 1973. Some fungicides such as chlorothalonil (Bravo) were not registered for use in berries. Others, such as benomyl and thiophanate methyl (Easout), both systemic type fungicides, although registered, lost effectiveness due to the development of fungal strains resistant to the fungicide. Vinclozolin (Ronilan) and iprodione (Rovral) have some promise but are not registered for food uses. Anilazine (Dyrene) was tested in 1962 but was less effective than captan and so was dropped from testing. In the mid-1970s it was tested on strawberry cultivars Siletz and Northwest, both very susceptible to fruit rot infection. Last season it was tested on Totem and Tyee and proved comparable to captan in controlling *Botrytis* and *Penicillium* . Anilazine is registered for use on berries but preharvest limitation is rather severe. For raspberries it may not be sprayed later than 14 days before harvest and for strawberries the limitation is 5 days before harvest.

Two other non-systemic fungicides registered for use on strawberries, but not on raspberries, are folpet (Phaltan) and thiram (Thylate). These were tested in the early 1960s on Siletz strawberries and were as effective as captan. Should captan be deregistered, perhaps these two fungicides should be looked at again — provided, of course, they are available.

We have come to the conclusion that future control of fruit rots in berries will have to increasingly depend upon the development of resistant cultivars, coupled with the use of

On a récemment découvert des souches de *Botrytis* résistantes au captane et des précautions s'imposent pour éviter qu'elles ne deviennent dominantes. Ni l'un ni l'autre des fongicides n'enrayent efficacement *Rhizopus*.

En dépit de plus de 30 ans d'emploi sans danger, le captane est de plus en plus la cible des défenseurs de l'environnement, à tel point que son enregistrement risque d'être annulé ou son emploi si radicalement restreint qu'il ne sera plus efficace. Dans l'état actuel des choses, le traitement au captane accroît sensiblement le rendement en fruits sains, même si on note encore la présence de fruits pourris dans le champ. C'est là un point très important à souligner car le producteur, voyant des fruits attaqués, conclut que la pulvérisation n'a pas été efficace alors qu'en fait son rendement en fruits sains s'est accru considérablement (photos 1 et 2).

Les pulvérisations doivent être faites régulièrement afin d'empêcher que la maladie ne s'établisse dans les fleurs et les fruits en développement. On recommande d'effectuer le premier traitement dès le début de la floraison. Dans les framboiseraies, répétez à 7 ou 10 jours d'intervalles. Au moins trois pulvérisations sont recommandées. Dans le cas des fraises, répétez le traitement tous les 7 jours jusqu'à la période de la récolte. Cela pourra nécessiter huit applications en tout.

Que nous réserve l'avenir? Il semble qu'on se tournera davantage vers l'utilisation de variétés peu sensibles à la pourriture du fruit, combinée à l'emploi d'un fongicide polyvalent. On a réalisé certains progrès dans l'augmentation de la résistance des variétés, mais pendant ce temps les fongicides sont devenus moins efficaces.

Au fil des ans, de nombreux fongicides ont été mis à l'essai, seuls ou en mélange, mais pour plusieurs raisons, nous en sommes actuellement réduits aux deux fongicides qui étaient recommandés en 1973. L'emploi de certains produits tels que le chlorothalonil (Bravo) n'a pas été homologué pour les petits fruits. D'autres fongicides tels que le bénomyl et le thiphanate méthyl (Easout), tous deux de type systémique, ont obtenu l'homologation, mais perdu leur efficacité en raison du développement de souches fongiques résistantes. La vinclozoline (Ronilan) et l'iprodione (Rovral) se sont révélées prometteuses, mais leur emploi sur les aliments n'a pas été homologué. L'anilazine (Dyrene) a été mise à l'essai en 1962, mais comme elle était moins efficace que le captane, on l'a reléguée aux oubliettes jusqu'au milieu des années 1970, époque où on l'a testées sur les cultivars de fraises Siletz et Northwest, tous deux très sensibles à la pourriture. La saison dernière, on l'a testée sur Totem et Tyee et les résultats obtenus ont été comparables à ceux du captane dans l'enraiement de *Botrytis* et de *Penicilium*. L'anilazine est homologuée pour le traitement de petits fruits mais la restriction relative au délai à prévoir avant la récolte est plutôt sévère. Dans le cas des framboises, on ne peut l'appliquer au-delà de 14 jours avant la récolte, et dans celui des fraises, le délai est de 5 jours avant la récolte.

Il existe deux autres fongicides non systémiques homologués pour le traitement des fraises, mais non celui des framboises: il s'agit du folpet (Phaltan) et du thirame (Thylate). On les a mis à l'essai au début des années 1960 sur les fraisiers Siletz, et ils se sont révélés aussi efficaces que le captane. Advenant que celui-ci perde son enregistrement, il y aurait peut-être lieu de se tourner vers ces deux fongicides, à supposer bien sûr qu'ils soient encore disponibles.

Notre conclusion est qu'à l'avenir la lutte contre la pourriture du fruit dans les cultures de petits fruits misera de plus

fungicides with the broadest spectrum of activity, or with mixtures or mixed regimes of systemic and non-systemic fungicides along with reduced time intervals between spray applications for more complete coverage during flowering.

Dr. Freeman is a small fruits crop management specialist at the Agriculture Canada Research Station, Agassiz, B.C. Dr. Pepin is a Plant Pathologist at the Agriculture Canada Research Station, Vancouver, B.C.

en plus sur la création de cultivars résistants, combinés à l'emploi des fongicides les plus polyvalents ou de mélanges de fongicides systémiques et non systémiques; on estime également que les intervalles entre les traitements devront être réduits de manière à assurer une couverture plus complète pendant la floraison.

*J.A. Freeman est spécialiste des petits fruits à la Station fédérale de recherches d'Agassiz (C.-B.), et H.S. Pepin est phytopathologiste à la Station fédérale de recherches de Vancouver (C.-B.).

Grazing Resistance of Pinegrass

D.G. Stout and B.M. Brooke

Pinegrass (*Calamagrostis rubescens* Buckl.) is an important forage on 6 million hectares of the Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirbel) Franco) zone of interior British Columbia, that is utilized for summer grazing. To manage this forage resource properly, it is essential to understand the response of pinegrass to herbage removal. Here, we summarize the results from experiments conducted by the Kamloops Research Station to aid in accomplishing the goal of proper pinegrass management.

Critical Herbage Removal Period. Pinegrass plots (1 m^2) were clipped to simulate grazing at several frequencies and intensities at three sites differing in elevation (1006, 1128, and 1189 m; Table 1). The effect of herbage removal on pinegrass vigor was assessed by measuring tiller height, tiller number/m^2, and yield/m^2 the year following clipping. Results for tiller number/m^2 are presented here. Variability in pinegrass cover at each site necessitated measuring initial plots cover (tiller number/m^2) to allow statistical isolation of its effect.

Clipping was done to height of 5 cm simulating heavy grazing; to 10 cm, simulating moderate grazing; and to 15 cm for light grazing simulation. Biweekly clipping from May 15 to September 15, to a 5 or 10 cm height, decreased the number of tillers/m^2 (Table 1). Clipping biweekly from May 15 to September 15, to a 15 cm stubble height, decreased tiller numbers in 1974, but not in 1975. Vigor was decreased most when plots were clipped to 5 cm during the period May 15 to September 15, July 1 to September 15 or May 15 to August 1. Other clipping treatment, however, also decreased pinegrass vigor (Table 1). It is concluded that pinegrass is most sensitive to clipping during July. This is the time when pinegrass growth is slowing down and summer dormancy is setting in.

To maintain vigor, pinegrass should be grazed for a short time while it is actively growing (early in June) and again when mid-summer dormancy is well established (August or later). If pinegrass must be grazed during July, it should be grazed only lightly, or rested during July the following year.

Influence of Successive Years of Simulated Grazing. Pinegrass plots (1 m^2) on the above mentioned locations were clipped during the period May 15 to September 15, to a stubble height of 5, 10 or 15 cm, for four consecutive years. The effect of a particular year of clipping was evaluated by recording tiller number/m^2 during the spring of the year following the clipping treatment and before beginning the

Résistance à la paissance du calamagrostide rougissant

Darryl G. Stout et Barbara M. Brooke

Le calamagrostide rougissant, *Calamagrostis rubescens* (Buckl.) est une importante plante fourragère utilisée pour la paissance estivale sur 6 millions d'hectares de la zone d'adaptation du sapin Douglas, *Pseudotsuga menziesii* (Mirbel) Franco, dans la région de l'intérieur de la Colombie-Britannique. L'exploitation judicieuse de cette ressource suppose une bonne compréhension de la réaction de cette graminée à la paissance. Nous résumons ici les résultats d'expériences effectuées par la Station de recherches de Kamloops en vue d'en arriver à une bonne utilisation du calamagrostide rougissant.

Période critique de prélèvement. Afin de simuler la paissance, on a fauché les parcelles de calamagrostide (1 m^2) à diverses fréquences et intensités en trois endroits d'altitudes différentes (1006, 1021 et 1189 m.) (Tableau 1). On a ensuite évalué l'influence du prélèvement de l'herbe sur la vigueur de la graminée, en mesurant la hauteur des talles, le nombre de talles par m^2 et le rendement en m^2 l'année suivant la fauche. Les données relatives au nombre de talles par m^2 sont présentées ici. Vu les variations dans les densités de peuplement, il a fallu mesurer à chaque endroit la couverture initiale des parcelles (nombre de talles par m^2) afin d'isoler statistiquement ce facteur.

On a effectué une fauche à 5, 10 ou 15 cm de hauteur de manière à simuler des paissances forte, moyenne et légère. Les fauches bimensuelles à 5 ou 10 cm de hauteur entre le 15 mai et le 15 septembre ont entraîné une diminution du nombre de talles par m^2 (Tableau 1). La fauche mensuelle a une hauteur de chaume de 15 cm, du 15 mai au 15 septembre, a donné un résultat comparable en 1974, mais non en 1975. La perte de vigueur la plus marquée a été observée lorsque les parcelles ont été fauchées à 5 cm du 15 mai au 15 septembre, du 1er juillet au 15 septembre ou du 15 mai au 1er août. Toutefois, les autres prélèvements ont également entraîné une perte de vigueur (Tableau 1). Il ressort de ces données que le clamagrostide rougissant est particulièrement sensible aux prélèvements pendant le mois de juillet. C'est l'époque où la croissance de la graminée ralentit et où la dormance d'été s'installe.

Il est recommandé, afin de maintenir la vigueur du clamagrostide rougissant, de le soumettre à la paissance pour une courte période pendant qu'il est en pleine croissance (au début de juin), puis de nouveau lorsque la dormance de mi-

Photo 1. Typical stand of pinegrass in early June, with some of the leaf blades beginning to show the characteristic flaccid, dropping habit.

Photo 1. Peuplement typique de clamagrostide rougissant au début de juin; certaines des feuilles commencent à afficher leur port flasque et retombant caractéristique.

Photo 2. A cow grazing pinegrass in early August. All tillers are now considerably bent and the animal is grazing at the top of the flattened stand.

Photo 2. Vache dans une parcelle de clamagrostide rougissant au début d'août. Toutes les talles sont maintenant considérablement penchées et l'animal broute au sommet du peuplement applati.

Photo 3. The cow has pulled up a group of entire tillers (arrow) and several fragments of the forest floor litter.

Photo 3. La vache a arraché un groupe de talles entier (flèche) et plusieurs fragments de la litière forestière.

Table 1. Influence of simulated grazing (clipping) on the average number of pinegrass tillers per square metre at three sites[a]

Year clipped	Clipping height (cm)	Period during which plots were clipped every 2 weeks	Number of tillers in the following years[b]
1974	–	Control (no clip)	1066 [a]
	15	May 15 – Sep. 15	882 [b]
	10	May 15 – Sep. 15	863 [bc]
	5	May 15 – Sep. 15	652 [de]
	5	July 1–Sep.15	672 [cde]
	5	May 15 – Aug. 1	502 [e]
	5	July 15 – Aug. 15	846 [bc]
	5	May 15 – July 1	744 [bcd]
	5	Aug. 15 – Sep. 15	856 [bc]
		Standard Error	62
1975	–	Control (no clip)	936 [a]
	15	May 15 – Sep. 15	764 [ab]
	10	May 15 – Sep. 15	570 [bcd]
	5	May 15 – Sep., 15	532 [cd]
	5	July 1 – Sep. 15	476 [d]
	5	May 15 – Aug. 1	532 [cd]
	5	July 15 – Aug. 15	634 [bcd]
	5	May 15 – July 1	692 [bcd]
	5	Aug. 15 – Sep. 15	734 [abc]
		Standard Error	70

[a] The Pass Lake site was at 1,006 m, Poison Creek at 1,189 m and Opax Mountain at 1,128 m (Detailed site descriptions are given by Stout et al. 1980).

[b] Tillers were counted in August for the 1974 clip and May for the 1975 clip. Values are means (4 plots of each of 3 sites), adjusted for number of tillers before treatment. Means followed by the same letter do not differ significantly according to Duncan's new multiple Range Test ($P \geq 0.05$).

Tableau 1. Influence de la paissance simulée (fauche) sur le nombre moyen de talles de clamagrostide rougissant par mètre carré en trois endroits[a]

Année de la fauche	Hauteur de fauche (cm)	Période pendant laquelle les parcelles ont été fauchées à toutes les 2 semaines	Nombre de talles au cours des années suivantes[b]
1974	–	témoin (aucune fauche)	1066 [a]
	15	15 mai – 15 septembre	882 [b]
	10	15 mai – 15 septembre	863 [bc]
	5	15 mai – 15 septembre	652 [de]
	5	1er juillet – 15 septembre	672 [cde]
	5	15 mai – 1er août	502 [e]
	5	15 juillet – 15 août	846 [bc]
	5	15 mai – 1er juillet	744 [bcd]
	5	15 août – 15 septembre	856 [bc]
		Erreur-type	62
1975	–	Témoin (aucune fauche)	936 [a]
	15	15 mai – 15 septembre	764 [ab]
	10	15 mai – 15 septembre	570 [bcd]
	5	15 mai – 15 septembre	532 [cd]
	5	1er juillet – 15 septembre	476 [d]
	5	15 mai – 1er août	532 [cd]
	5	15 juillet – 15 août	634 [bcd]
	5	15 mai – 1er juillet	692 [bcd]
	5	15 août – 15 septembre	734 [abc]
		Erreur-type	70

[a] L'emplacement de Pass Lake était situé à 1006 m d'altitude, celui de Poison Creek à 1189 m et celui d'Opax Mountain à 1128 m. Des descriptions détaillées des emplacements sont fournis par Stout *et al.* (1980).

[b] Les talles ont été dénombrées en août pour la fauche de 1974 et en mai pour celle de 1975. Les valeurs sont des moyennes (quatre parcelles de chacun des trois emplacements), corrigées pour le nombre de talles avant le prélèvement. Les moyennes suivies de la même lettre ne diffèrent pas sensiblement selon le nouveau test de Duncan ($P \geq 0,05$).

Table 2. Effect of grazing date on pinegrass tiller removal in single periods of intensive grazing on previously ungrazed stands.[a]

Grazing date	Tiller disappearance as % of May 30 count [b]
June 4, 1980	75 [a]
July 3, 1980	69 [a]
Aug. 6, 1980	67 [a]
Mean	70

[a] Post grazing counts were completed on June 6, July 10 and Aug. 8.
[b] Values are means from 8 plots. Means followed by the same letter do not differ significantly according to Duncan's New Multiple Range Test (P = 0.05).

Table 3. Effect of grazing or clipping regime on yield of pinegrass and other species the year following grazing (harvested July 26, 1981).

Treatment[a]	Yield (g dry wt./m²)[b] Pinegrass	Other Grasses[c]	Forbs[d]	Shrubs[e]
graze biweekly	37.6 [c]	19.3 [a]	31.5 [a]	1.9 [a]
clip biweekly	34.8 [a]	4.5 [a]	33.5 [a]	4.2 [a]
graze June 6	72.1 [b]	8.7 [a]	51.3 [a]	8.7 [a]
graze July 3	76.6 [b]	14.9 [a]	37.0 [a]	18.3 [d]
graze Aug. 6	76.5 [b]	14.8 [a]	31.8 [a]	6.3 [a]
control	100.7	13.2	47.9	13.5 [a]

[a] Plots were clipped to 5 cm or grazed to as close to 5 cm as possible. Biweekly treatments were applied during the period June 6 to Aug. 5.
[b] Current year's growth was harvested from the 0.2 m² subplot centered in a 1.2 m square plot (8 replicates). All means are adjusted for May 1980 pinegrass tiller number, using analysis of convariance. Treatment means, for each species group, followed by the same letter do not differ significantly (P ≥ .05) according to Duncan's New Multiple Range Test.
[c] Mainly *Poa compressa; Carex* was included in this group.
[d] Major constituents: *Lathyrus ochroleucus, Astragalus miser* var. *serotinus, Vicia americana, Arnica cordifolia, Achillea millefolium, Lilium columbianum, Trifolium repens.*
[e] Mainly *Berberis repens* and *Rosa* sp.

Tableau 2. Effet de la date de paissance sur l'arrachage des talles de clamasgrostide rougissant au cours de brèves périodes de paissance intensive dans des peuplements vierges[a]

Date de paissance	Consommation de talles en % de la numération du 30 mai[b]
4 juin 1980	75 [a]
3 juillet 1980	69 [a]
6 août 1980	67 [a]
Moyenne	70

[a] Les numérations suivant la paissance ont été effectuées le 6 juin, le 10 juillet et le 8 août.
[b] Les valeurs représentent les moyennes de huit parcelles. Les moyennes suivies de la même lettre ne diffèrent pas sensiblement selon le nouveau test de Duncan (P = 0,05).

Tableau 3. Effets de la paissance ou du régime de fauche sur le rendement du clamasgrostide rougissant et d'autres espèces l'année suivant la paissance (prélèvement: le 26 juillet 1981)

Traitement[a]	Rendement (poids sec en grammes/m²)[b] Clamagrostide rougissant	Autres graminées[c]	Mauvaises herbes[d]	Arbustes[e]
Paissance à toutes les 2 semaines	37,6 [c]	19,3 [a]	31,5 [a]	1,9 [a]
Fauche à toutes les 2 semaines	34,8 [c]	4,5 [a]	33,5 [a]	4,2 [a]
Paissance le 6 juin	72,1 [b]	8,7 [a]	51,3 [a]	8,7 [a]
Paissance le 3 juillet	76,6 [b]	14,9 [a]	37,0 [a]	18,3 [a]
Paissance le 6 août	76,5 [b]	14,8 [a]	31,8 [a]	6,3 [a]
Témoin	100,7 [a]	13,2 [a]	47,9 [a]	13,5 [a]

[a] Les parcelles ont été fauchées à une hauteur de 5 cm ou pâturées jusqu'à une hauteur se rapprochant le plus possible de 5 cm. Les prélèvements ont été effectués toutes les 2 semaines au cours de la période allant du 6 juin au 5 août.
[b] La production de l'année courante a été récoltée dans une sous-parcelle de 0,2 m² située au centre d'une parcelle carrée de 1,2 m de côté (huit répétitions). Toutes les moyennes sont corrigées par analyse de covariance en fonction du nombre de talles de clamagrostide rougissant recensées en mai 1980. Pour chaque groupe d'espèces, les moyennes de traitement suivies de la même lettre ne diffèrent pas sensiblement entre elles (P ≥ 0,05) selon le test de Duncan.
[c] Surtout *Poa compressa;* les Carex étaient compris dans ce groupe.
[d] Principales espèces: *Lathyrus ochroleucus, Astragalus miser* var. *Serotinus, Vicia americana, Arnica cordifolia, Archillea millefolium, Lilium columbianum, Trifolium repens.*
[e] Surtout *Berberis repens* et *Rosa* sp.

cliping treatment for that year. Stand vigor, the potential of the pinegrass to produce tillers on a unit area of ground, decreased with successive years of biweekly clipping to a height of 5 or 10 cm (Figure 1).

Clipping to 15 cm did not significantly affect stand vigor. However, it is likely that clipping to 15 cm has the potential to decrease stand vigor, since Freyman (1970) found that, following three years of clipping to 15 cm, the dry matter yield of pinegrass was significantly lowered by clipping treatments that included the critical July period.

Clipping intensities could be characterized by the time ($t_{1/2}$) required for the number of tillers to decrease to 50% of the original number: $t_{1/2}$ = 1 yr for 5 cm clip; $t_{1/2}$ = 3.7 yr for 10 cm clip; and $t_{1/2}$ = 7.8 yr for 15 cm clip. To demonstrate the implication of $t_{1/2}$, consider an example where an area of pinegrass having a density of 1000 tillers/m² is clipped to 5 cm. After 1 year of clipping, the tiller density would be 500 tillers/m², after 2 years of clipping the density would be 250 tillers/m², and after 3 years of clipping the density would be

été est bien établie (ou plus tard). Si la graminée doit être exploitée en juillet, le prélèvement doit être léger seulement, ou encore il ne doit être permis qu'une année sur deux.

Influence de la paissance simulée au cours d'années successives. On a fauché pendant quatre années consécutives les parcelles de clamagrostide rougissant à des hauteurs de 5, 10 ou 15 cm, aux endroit susmentionnés. Afin d'évaluer l'effet d'une année de fauche particulière, les chercheurs ont relevé le nombre de talles par m² au cours du printemps de l'année suivant la fauche, avant le début des nouveaux prélèvements. La vigueur des peuplements, c'est-à-dire le potentiel de production de talles par unité de surface, a diminué d'année en année lorsqu'on a procédé à une fauche bimensuelle à une hauteur de 5 ou 10 cm (Figure 1). La fauche à 15 cm n'a pas exercé d'influence sensible sur la vigueur des

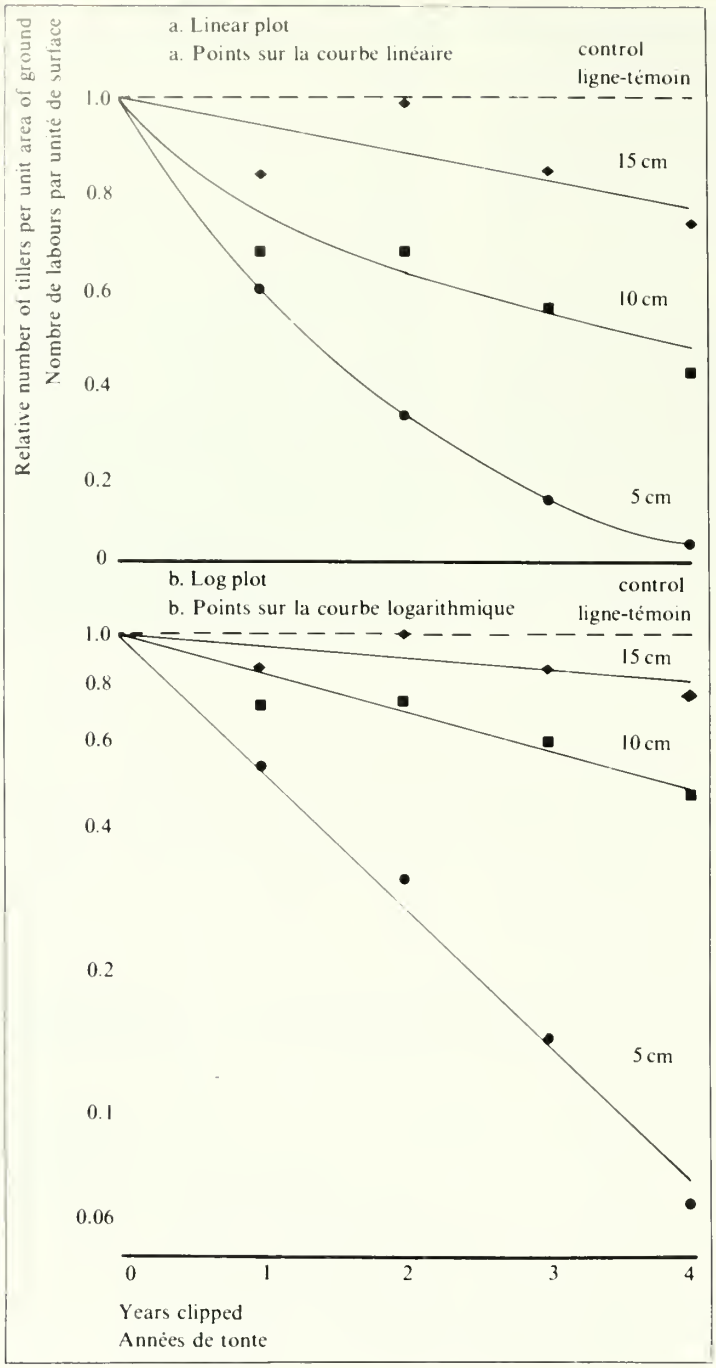


Figure 1. Relative number of tillers per unit area of ground (RNTA) as influenced by number of years of clipping at three different intensities. To observe only the effect of herbage removal by clipping on pinegrass vigor, we calculated the relative number of tillers per unit area of ground (RNTA) using the equation

$$RNTA = (NC_o/NT_o)\,(NT_y/NC_y)$$

where NC_o is the average number of tillers/m² for control plots before treatments were initiated, NT_o is the average number of tillers/m² for plots receiving a particular treatment before treatments were initiated, NT_y is the average number of tillers/m² for plots receiving a particular treatment following (Y) years of treatment and NC_y is the average number of tillers m² for control plots following (Y) years of treatment. Multiplying by the constant NC_o/NT_o adjusts all treatments to a relative value of one at the start of the experiment. Dividing NT_y by NC_y adjusts for environmental effects on number of tillers, assuming that control and clipped plants are equally influenced by weather. For more details of this study see Stout et al. (1981).

Figure 1. Nombre relatif de talles par surface unitaire (NRTS) en fonction du nombre d'années de fauche à trois degrés différents d'intensité. Afin d'isoler l'effet du prélèvement par la fauche sur la vigueur du clamagrostide rougissant, on calcule le nombre relatif de talles par surface unitaire, à l'aide de l'équation suivante:

$$NRTS = (NC_o/NT_o)\,(NT_y/NC_y)$$

où NC_o est le nombre moyen de talles/m² dans les parcelles témoins avant le début des prélèvements, NT_o le nombre moyen de talles m² dans les parcelles soumis à un traitement particulier, avant le début des prélèvements, NT_y le nombre moyen de talles/m² dans les parcelles soumises à un traitement particulier après (Y) années de traitement, et NC_y le nombre moyen de talles/m² dans les parcelles témoins après (Y) années de prélèvement. Le fait de multiplier par la constante NC_o/NT_o permet de rajuster tous les traitements à une valeur relative de un au début de l'expérience. En divisant NT_y par NC_y, on corrige les effets des conditions du milieu sur le nombre de talles: on suppose que les conditions météorologiques exercent une influence égale sur les parcelles témoins et les parcelles fauchées. Pour plus de détails sur cette étude, voir Stout et al., (1981).

125 tillers/m². Since dry matter yield of pinegrass is correlated with tiller number (Stout et al. 1980), the first year of clipping to 5 cm would decrease the dry matter yield more than would the second and succeeding years. In the foregoing example, number of tillers/m² changes by 500 tillers (1000-500) in the first year, but only by 250 tillers (500-250) in the second year. Thus, the first year of heavy grazing would be predicted to cause a larger absolute decrease in carrying capacity than would subsequent years of heavy grazing, but repeated heavy grazing would continue to decrease the productivity and carrying capacity of a pinegrass range by the same proportion each year. Clearly, overgrazing for even one year should be avoided.

Grazing Studies. Simulated grazing (clipping) rather than actual animal grazing has been used to facilitate the study of a greater number of treatments than is possible with large animal studies. To evaluate the validity of clipping as a

peuplements. Il est toutefois probable qu'elle réduise également celle-ci puisque Freyman (1970) a découvert qu'après trois années de fauche à 15 cm, le rendement en matière sèche du clamagrostide rougissant se trouvait considérablement réduit dans tout régime de prélèvement incluant la période critique de juillet.

L'intensité de fauche peut se définir comme le temps ($t_{1/2}$) nécessaire pour que le nombre de talles diminue de 50% par rapport à ce qu'il était à l'origine: $t_{1/2}$ = 1 an pour la fauche à 5 cm; $t_{1/2}$ = 3,7 ans pour la fauche à 10 cm; et $t_{1/2}$ = 7,8 ans pour la fauche à 15 cm. Afin d'illustrer le rôle de $t_{1/2}$, prenons comme exemple une surface de clamagrostide rougissant ayant une densité de 1000 talles/m². En supposant que cette surface soit fauchée à 5 cm, la densité de peuplement serait réduite à 500 talles/m² au bout d'un an, à 250 talles/m² au bout de 2 ans, et à 125 talles/m² au bout de 3 ans. Comme il existe une corrélation entre le rendement en matière sèche

simulation of animal grazing, the methods of herbage removal were compared. One obvious difference between the two is that grazing cattle often pull up entire tillers so that some rhizome root and tissues are removed with the tillers (Photo 3). Although our study of this aspect is not complete, the initial results are very interesting.

Tiller pull-up was evaluated by counting tillers in a $0.2m^2$ subplot in May and then again following grazing. Seventy percent of tillers were pulled up during intensive grazing, and this amount of pull-up did not change during the grazing season (Table 2). The level of pull-up was much higher than expected. In another experiment large numbers of tillers ($34 \pm 9\%$) were pulled up during only one grazing pass by a cow.

Even though during grazing many whole tillers are pulled up, the effect of intensive herbage removal by grazing appears to be no different than intensive herbage removal by clipping (biweekly data; Table 3). Unexpectedly, however, single grazes on each of June 6, July 3 and August 6 significantly decreased pinegrass stand vigor (Table 3). Thus, clipping to 15 cm to simulate light grazing may not accurately duplicate the grazing situation.

The conclusions drawn from the simulated grazing study are: (1) July is the time when pinegrass is most sensitive to herbage removal, and (2) successive years of heavy grazing will cause continued deterioration of the pinegrass stand. Preliminary results from the actual grazing study indicate that a large number of pinegrass tillers can be pulled up during grazing, and that the effect of grazing can be expected to be greater than that predicted from observing only stubble height following grazing.

References

Freyman, S. Effects of clipping on pinegrass. *Canadian Journal of Plant Science* 50 (1970) 737-739.

Stout, D.G., A. McLean, B. Brooke and J. Hall. Influence of simulated grazing (clipping) on pinegrass growth. *Journal of Range Management* 33 (1980) 286-291.

Stout, D.G., J. Hall, B. Brooke and A. McLean. Influence of successive years of simulated grazing (clipping) on pinegrass growth. *Canadian Journal of Plant Science* 61 (1981) 939-943.

Dr. Stout is a research scientist and Mrs. Brooke is a research technician at Agriculture Canada's Research Station at Kamloops, B.C.

de la graminée et le nombre de talles (Stout *et al.*, 1980), la première année de fauche à 5 cm entraînerait une plus forte diminution du rendement en matière sèche que celle de la deuxième année et les suivantes. Dans l'exemple précédent, le nombre de talles/m^2 varie de 500 (1000-500) dans la première année, mais seulement de 250 (500-250) au cours de la deuxième. Ainsi, on peut prédire que la première année de paissance intensive entraînerait une plus forte baisse de la capacité de charge, en valeur absolue, que les années subséquentes, mais que la répétition de ce traitement diminuerait d'une même proportion chaque année la productivité et la capacité de charge d'un parcours de clamagrostide rougissant. Il est clair que la surpaissance, même pendant une seule année, est à éviter.

Études de paissance. On a eu recours à la paissance simulée (fauche) plutôt qu'à la paissance réelle, car elle permet d'étudier plus facilement un plus grand nombre de traitements. Afin d'évaluer la validité de la fauche comme simulation de la paissance animale, on a comparé les deux méthodes de prélèvement. Une différence évidente entre les deux est qu'en paissant, les bovins arrachent souvent des talles entières, auxquelles adhère une partie des racines et des tissus du rhizome (Photo 3). Bien que notre étude de cet aspect de la question ne soit pas complète, les résultats initiaux sont forts intéressants.

On a évalué ce phénomène d'arrachement en comptant le nombre de talles dans une sous-parcelle de 0,2 m^2 en mai, puis de nouveau après la paissance. Pendant une paissance intensive, 70% des talles ont été arrachées, et cette proportion n'a pas variée au cours de la saison (Tableau 2). Ce chiffre est beaucoup plus élevé que ce qu'on avait prévu. Dans une autre expérience, une vache a arraché en un seul passage un nombre considérable de talles ($34 \pm 9\%$).

Même si la paissance intensive entraîne l'arrachement d'un grand nombre de talles entières, son influence ne semble pas être différente du prélèvement intensif par la fauche (données bimensuelles, Tableau 3). Fait inattendu, toutefois, des simples journées de paissance (6 juin, 3 juillet et 6 août) ont réduit considérablement la vigueur du peuplement (Tableau 3). Par conséquent, la fauche à 15 cm risque de ne pas donner une idée fidèle de la paissance dite légère.

Voici les conclusions qui se dégagent de l'étude de la paissance simulée: (1) Juillet est le mois où le clamagrostide rougissant est le plus sensible au prélèvement, et (2) les années successives de paissance intensive entraîneront une détérioration soutenue des peuplements. Les résultats provisoires des études de paissance réelle révèlent qu'un grand nombre de talles de clamagrostide peuvent être arrachées par le bétail, si bien qu'on peut s'attendre que l'influence de la paissance soit plus marquée que ce que laisse prévoir l'observation subséquente de la hauteur des chaumes.

Bibliographie

Freyman, S., «Effects of clipping on pinegrass» in *Can. J. Plant,* nº 50, 1970, p. 737-739.

Stout, D.G., A. McLean, B. Brooke et J. Hall, «Influence of simulated grazing (clipping) on pinegrass growth» in *J. Range Manage.*, nº 33, 1980, p. 286-291.

Stout, D.G., A. McLean, B. Brooke et J. Hall, «Influence of successive years of simulated grazing (clipping) on pinegrass growth», in *Can. J. Plant Sci.*, nº 61, 1981, p. 939-943.

M. Stout est chercheur et Mme Brooke technicienne à la Station de recherches de Kamloops (C.-B.).

Wind power for Canadian agriculture

D.W. Campbell

Wind power as a source of energy for agriculture is attractive because it is renewable, non-polluting, and readily available. The limitations of wind as a power generating source is that it is diffuse and variable making it difficult and expensive to harness. Wind power creation must be safe, reliable, and competatively priced. Types and uses of windmills are discussed. The author concludes that unless there is a substantial increase in the price of energy, or a drop in the price of wind turbines, wind turbines are not economically viable.

After several decades of relative inactivity, wind power is undergoing a modest revival as an alternate source of energy. Wind energy is renewable, unpolluting, and readily available in many locations across Canada. It is also diffuse and variable. This makes it difficult and expensive to harness since most power applications have specific requirements at specific times. Any wind power application must take these limitations into account. Wind power systems must also be safe, reliable, and competitively priced. In most cases cost will be the deciding factor.

The energy contained in the wind varies as the cube of the wind speed. This means that a small change in the average wind speed can significantly affect the available energy. The southern regions of the prairie provinces and Canada's coastal regions have some of the highest annual mean wind speeds in the world. In many locations the energy contained in the wind exceeds 2 000 watts per square metre per year. The wind also tends to increase as the elevation above the ground is increased. Local topography, such as hills and valleys, can also influence the wind. Ideally, a windmill should be mounted in the windiest possible location devoid of any nearby obstructions.

Theoretically, no windmill can extract more than about 59 % of the energy contained in the wind. Physically, this means that the air cannot be brought to a complete stop, but must be allowed to escape after passing through the cross-sectional area swept by the windmill blades. All windmills have additional aerodynamic, mechanical or electrical losses which reduce the overall efficiency still further. On the average, only about 30 % of the wind energy is recoverable by a reasonably efficient windmill. Windmills, therefore, tend to be very large for any given power output. This dictates that most windmills will be installed in a rural environment, such as on a farm.

Windmills can be classified as either horizontal axis or vertical axis wind turbines. Examples are the conventional propellor-type windmill and the Darrius or eggbeater rotor. They can be further classified as either drag-type windmills or those using the aerodynamic lift of the blades. Drag-type windmills, such as the American multi-blade type or the Savonius rotor, have conventionally been used for pumping water. This is an ideal application since they can generate high torques at low wind speeds, but are quite inefficient at higher speeds, thereby providing some overspeed safety. The most efficient windmill designs are those using the aerodynamic lift of the blades. However, they have a low starting torque and must rotate at a high speed to reach peak efficiency. The two-or three-blade propellor-type or Dar-

L'énergie éolienne au service de l'agriculture canadienne

D.W. Campbell

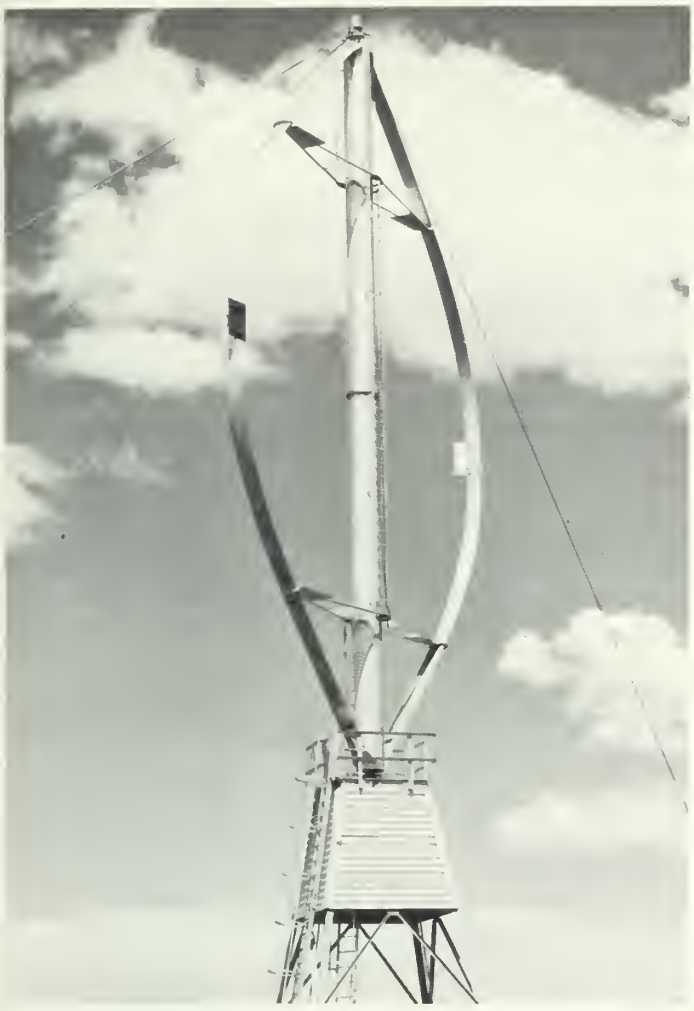
Le présent article traite des utilisations de l'énergie éolienne en agriculture. Cette forme d'énergie est attrayante parce qu'elle est renouvelable, non polluante et facilement accessible. Ses limites sont qu'elle est diffuse et variable, ce qui rend difficile et onéreuse son exploitation. Les éoliennes doivent être sans danger, sûres et vendues à des prix concurrentiels. L'auteur étudie les divers types et utilisations d'éoliennes pour conclure qu'à moins d'une diminution de leurs prix ou d'une hausse considérable du prix de l'énergie, leur emploi ne se justifie pas d'un point de vue économique.

Après plusieurs décennies d'oubli relatif, l'énergie éolienne connaît un modeste regain d'intérêt comme source d'énergie de remplacement. L'énergie éolienne est renouvelable, non polluante et facilement accessible dans de nombreuses régions du Canada. Elle est également diffuse et fort variable, ce qui rend difficile et onéreuse son exploitation, puisque la plupart des utilisations d'énergie comportent des exigences strictes à des moments précis. On doit donc tenir compte de ces limites dans toute application de l'énergie éolienne. Les systèmes de captage de l'énergie éolienne doivent également être sans danger, sûrs et vendus à des prix concurrentiels. Dans la plupart des cas, le coût sera le facteur décisif.

L'énergie du vent est proportionnelle au cube de sa vitesse. Cela signifie qu'une petite variation de la vitesse moyenne du vent influe considérablement sur l'énergie disponible. Les régions situées au sud des provinces des Prairies et les régions côtières du Canada sont particulièrement venteuses et la vitesse moyenne annuelle des vents y est parmi les plus élevées au monde. En beaucoup d'endroits, l'énergie éolienne dépasse 2000 W par mètre carré par année. Le vent tend également à s'accroître en fonction de l'altitude. Le relief local, et notamment la disposition des monts et des vallées, peut également influer sur le vent. Le meilleur emplacement pour une éolienne est l'endroit le plus venteux à l'écart de toute obstruction.

Théoriquement, aucune éolienne ne peut extraire plus de 59% environ de l'énergie du vent. L'explication physique est que l'air ne peut être arrêté complètement, mais doit pouvoir s'échapper après avoir franchi les pales de l'éolienne. En outre, toutes les éoliennes subissent des pertes aérodynamiques, mécaniques ou électriques supplémentaires, ce qui réduit encore leur efficacité globale. En moyenne, une éolienne raisonnablement efficace ne récupère qu'environ 30% de l'énergie du vent. Il s'ensuit que pour obtenir une puissance électrique respectable, des éoliennes de très grande taille doivent être construites, d'où la nécessité de les installer en milieu rural, notamment dans les fermes.

On peut classer les éoliennes en deux types selon que leur axe est horizontal ou vertical. Les exemples les plus connus sont le moulin à vent classique et l'éolienne Darrius en forme de batteur à œuf. On peut également distinguer entre les éoliennes dites «à trainée» et celles qui utilisent l'aérodynamisme des pales. Les premières, dont l'éolienne américaine à pales multiples et l'éolienne Savonius sont des exemples, servent généralement à pomper l'eau. C'est là une application idéale puisqu'elles produisent un couple élevé à de faibles vitesses du vent, mais sont passablement



A Darrius, or eggbeater, wind turbine used for experimental work at the Swift Current Research Station.

Une éolienne Darrius en forme de batteur à œuf, utilisée à titre expérimental à la Station de recherches de Swift Current.

rius-type wind turbines are examples of this category. They are most often used to generate electricity, but can be used to pump water. Other less common applications could include running heat pumps or driving aeration systems.

Although windmills can easily produce high grade mechanical or electrical energy, the variability of the output produces storage problems. Many people are now looking at applications, such as cattle watering, irrigation, or household heating, where a steady power source is not required. While these applications may be practical in a number of specific cases, the majority of studies have assessed the potential of using wind to generate electricity. Historically, wind electric generators have been relatively small units having a maximum DC output anywhere from several hundred watts to one or two kilowatts. These generators charged storage batteries, which provided modest amounts of power on windless days. Today's electrical requirements are far more demanding and, therefore, more difficult and expensive to meet. A typical residence could easily require 12,000 Kw hr/year of AC power. If electrical heating were included, the electrical energy requirements would be closer to 30,000 Kw hr/year. Other farm electrical requirements would place the annual electrical consumption even higher.

inefficaces à des vitesses plus considérables, ce qui assure une certaine protection contre l'emballement. Le type d'éolienne le plus efficace est celui qui utilise l'aérodynamisme des pales. Toutefois, leur couple de départ est faible et elles doivent tourner à forte vitesse pour atteindre leur efficience optimale. Les éoliennes à deux ou trois pales ou de type Darrius sont des exemples de cette catégorie. On les utilise le plus souvent pour produire de l'électricité, mais aussi pour pomper l'eau. D'autres applications moins courantes pourraient inclure l'actionnement d'une pompe à chaleur ou d'un système d'aération.

Bien que les éoliennes puissent facilement fournir une énergie mécanique ou électrique considérable, la variabilité de la production crée des problèmes de stockage. De nombreux chercheurs se penchent à l'heure actuelle sur des applications ne nécessitant pas une source d'énergie continue, telles que l'abreuvement des bovins, l'irrigation ou le chauffage domestique. Bien que ces applications puissent se révéler utiles dans un certain nombre de cas précis, la majorité des études ont porté sur le potentiel de production électrique des éoliennes. Par le passé, les aérogénérateurs ont consisté en des appareils relativement petits pouvant produire tout au plus un courant continu de quelques centaines de watts ou d'un à deux kW. Des batteries de stockage permettraient de conserver une quantité modeste d'énergie pour les jours sans vent. De nos jours, les besoins en électricité sont beaucoup plus considérables, si bien qu'il est plus difficile et onéreux de les satisfaire. Les besoins d'une résidence typique peuvent facilement atteindre 12 000 kW-heures/an de courant alternatif. Si on inclut le chauffage électrique, ce chiffre passe à près de 30 000 kW-heures/an. Les autres besoins en électricité de la ferme augmenteraient encore la consommation annuelle totale.

L'énergie éolienne disponible sur une base annuelle est assez facile à prédire. Pour un endroit donné, une connaissance précise de la vitesse annuelle moyenne des vents permet de calculer la quantité d'énergie qu'ils peuvent fournir. En combinant cette information avec les données sur les besoins annuels en électricité, il est possible de préciser la taille d'éoliennes qui correspondra le mieux à la demande prévue.

Étant donné que les systèmes de stockage de l'énergie sont très dispendieux, la plupart des applications actuelles misent sur un raccordement direct avec le réseau public. Cette technique permet d'économiser de l'énergie, mais elle ne confère aucune autonomie. Si le réseau public tombe en panne, la génératrice n'est pas en mesure de prendre la relève. En outre, des normes rigoureuses de qualité et de sécurité doivent être respectées avant qu'une compagnie d'électricité permette le raccordement direct d'une éolienne à son réseau. Dans la plupart des cas, le prix acquitté par la compagnie pour l'énergie électrique ainsi produite sera inférieur au taux qu'elle demande à ses clients.

Dans la plupart des applications, l'éolienne doit pouvoir se payer par elle-même au cours d'une période raisonnable. Le coût le plus important est le coût d'achat initial, les autres postes de dépenses, celui de l'entretien annuel, par exemple, étant beaucoup plus faibles. La plupart des études supposent une durée utile de 20 à 30 ans. Elles concluent que l'énergie électrique doit coûter environ de 15 à 20 c le kilowatt-heure pour qu'une éolienne se paie d'elle-même. Compte tenu des économies d'échelle, les très grandes éoliennes semblent plus économiques que les petits modèles de ferme. La production en série permettrait des économies,

On an annual basis, the energy contained in the wind is quite repeatable. For any given site an accurate knowledge of the mean annual wind speed allows a prediction of the mean annual energy content contained in the wind. By combining this information with the annual power consumption requirements, it is possible to determine the windmill size that best matches the expected load.

Since energy storage systems are very expensive, most current applications feed the electrical energy direct into the utility grid. This technique saves energy, but does not provide a stand alone capability. If the utility grid fails, the generator will not be able to produce power. Strict quality and safety standards must be met before a utility will allow a wind turbine to be connected direct to its grid. In most cases, the price paid for electrical energy that is produced for the utility will be less than the rate utilities charge their customers.

For most applications, a windmill should be able to pay for itself over a reasonable length of time. The largest overall cost is the initial cost of the windmill, with other costs, such as annual maintenance, being much smaller. Most studies assume a life of 20 to 30 years. They conclude that electrical energy has to cost about 15 to 20 cents per Kw-hour before windmills will pay for themselves. Since there is some economy of scale, very large wind turbines will appear more economical than smaller, farm-size units. Although some savings could be obtained by mass production, the market is not sufficiently large to justify this at the present time.

Many people tend to emphasize the advantages of using wind energy, while minimizing the problems. It is also very easy to overestimate the wind potential at any given site. There is no technical reason why wind turbines cannot be used for many applications. In order to minimize future problems and frustrations, the purchase and installation of any wind power system should be approached cautiously and realistically. Although there are exceptions, in most cases cost will be the deciding factor. Unless there is a very substantial increase in the price of energy or a corresponding drop in the price of new wind turbines, wind turbines are not economically viable.

D.W. Campbell is a researcher at Agriculture Canada Swift Current Research Station.

mais le marché n'est pas suffisamment important à l'heure actuelle pour la justifier.

De nombreuses personnes ont tendance à faire ressortir les avantages de l'utilisation de l'énergie éolienne tout en en minimisant les problèmes. Il est également très facile de surestimer le potentiel du vent à un endroit donné. Il n'existe aucune raison technique s'opposant à ce que des turbines à vent soient utilisées pour de nombreuses applications. Toutefois, si on veut réduire au minimum les problèmes et les frustrations futurs, on doit aborder avec beaucoup de prudence et de réalisme l'achat et l'installation d'une éolienne. Bien qu'il puisse exister des exceptions, le coût constituera dans la plupart des cas le facteur décisif. À moins d'une hausse très considérable du prix de l'énergie ou d'une diminution correspondante du prix des éoliennes, leur emploi ne paraît pas justifié du point de vue économique.

M. Campbell est chercheur à la Station de recherches d'Agriculture Canada à Swift Current (Sask.).

Erratum

Canada Agriculture No. I, 1983
English photo caption, page 4
The potato disease shown is late blight – wrongly identified as early blight.

BETTER DUGOUT SEEPAGE CONTROL By combining two unique seepage control methods, federal scientists believe they have developed the most effective system yet for keeping valuable water in dugouts.

The most effective way to control seepage is to use plastic liners, but this can prove costly and, in time, the plastic leaks.

A few years ago, researchers at Agriculture Canada's Swift Current, Sask., Research Station introduced two low-cost ways to reduce such losses. One uses soda ash to break up clay particles in the soil, reducing soil permeability.

Inducing gleization is another way. This involves covering the dugout's surface with a layer of organic matter such as straw, which is covered in turn by a layer of soil. The blanket of soil limits the amount of oxygen that reaches the organic matter. Without oxygen, the bacteria in the two layers multiply rapidly, resulting in formation of a cement-like soil organic band that resists water penetration.

Unfortunately, both methods have limitations. The main drawback to the soda ash technique is that additional treatments are usually needed every 2 to 3 years. The major problem of gleization is that good aeration and low temperatures can slow the development of an effective seal, sometimes for several years.

Recent studies at the station show that combining the two methods offers exceptional dugout seepage control.

"Laboratory tests indicate these two methods ean be used together," says Wally Nicholaichuk, a soil scientist at the station.

"This means the soda ash technique can be used to produce an immediate seal until the slower gleization process takes effect. Once the one is no longer effective, the other is ready to go."

According to Dr. Nicholaichuk, laboratory tests show this combination to be very promising.

"We used simulations to judge how this technique would work under varying conditions such as wet and dry cycles and freeze and thaw cycles. These have been excellent," Dr. Nicholaichuk says.

Research is continuing with field testing and results should be known in the near future.

PROTEIN AFFECTS POULTRY MEAT YIELDS Inadequate amounts of protein in feeds can significantly reduce meat yields of poultry.

Poultry diets affect the juiciness, tenderness, texture and flavor of the meat. Too much fishmeal in the diet, for example, can result in the meat having a fishy aroma and taste when cooked.

However, poultry nutrition experts have only recently discovered that protein also affects meat yields.

"In studies of heavy turkeys we observed that protein-deficient diets not only impaired the bird's growth, but also reduced the proportion of edible meat and increased the amount of bone and fat," says Ray Salmon, a poultry nutritionist at Agriculture Canada's Swift Current, Sask., Research Station.

MEILLEURE LIMITATION DES FUITES D'EAU DES MARES ARTIFICIELLES En combinant deux méthodes uniques visant à limiter les fuites des mares d'eau artificielles, les chercheurs du gouvernement fédéral croient avoir mis au point le système le plus efficace qui soit.

La façon la plus efficace connue pour limiter les fuites d'eau consiste à tapisser le fond de l'étang de plastique, méthode onéreuse et qui ne va pas sans problèmes, puisque la couche de plastique peut toujours se percer.

Il y a quelques années cependant, les chercheurs de la station fédérale de recherches agricoles de Swift Current en Saskatchewan ont introduit deux méthodes peu coûteuses pour réduire les pertes en eau.

Avec la première méthode, on utilise des cendres de soude qui brisent les particules d'argile du sol et abaissent ainsi sa perméabilité.

La deuxième méthode fait appel au phénomène de la gléyification. La surface de la mare est couverte d'une couche de matière organique comme la paille, qu'on recouvre elle-même de sol pour réduire la quantité d'oxygène qui peut l'atteindre et favoriser la multiplication rapide des bactéries et la formation subséquente d'une bande de matière organique très solide et imperméable.

Les deux méthodes comportent malheureusement certaines imperfections. Avec la première, le traitement doit être répété tous les deux ou trois ans. Quant à la gléyification, une bonne aération et de basses températures peuvent ralentir la formation de la couche étanche, parfois pendant plusieurs années.

Des études récentes réalisées à la station montrent que les deux méthodes offrent des possibilités exceptionnelles lorsqu'elles sont combinées.

«Les essais en laboratoire indiquent que les deux méthodes peuvent être utilisées en combinaison» explique M. Wally Nicholaichuk, un spécialiste du sol travaillant à la station.

«L'apport de carbonate de sodium permet de produire une étanchéité immédiate jusqu'à ce que le processus plus lent de gléyification soit terminé. Lorsque la première méthode perd son efficacité, la deuxième est prête à entrer en action.»

Selon M. Nicholaichuk, les essais en laboratoire semblent très prometteurs.

«Des études de simulation nous ont permis d'évaluer l'efficacité de cette technique dans des conditions variables comme l'alternance d'humidité et de sécheresse ou de gel et de dégel. Les résultats ont été excellents», affirme le chercheur.

Les essais au champ se poursuivent et les résultats devraient être bientôt connus.

LES PROTÉINES INFLUENT SUR LE RENDEMENT EN VIANDE DES VOLAILLES L'insuffisance de protéines dans les aliments du bétail peut réduire considérablement le rendement en viande des volailles.

Le régime alimentaire des volailles influe sur la jutosité, la tendreté, la texture et la saveur de la viande. Des quantités excessives de farine de poisson, par exemple, peuvent don-

Dr. Salmon's studies indicate that the loss of edible meat can be as much as 2% on a carcass. Large turkeys fed a protein-deficient diet had about 225 g less meat per carcass than birds receiving sufficient protein. The edible meat reduction in broiler chickens was about 30 g.

"While this may not seem significant, if you multiply these losses by the millions of turkeys and chickens slaughtered every year in Canada, it adds up to a major loss to the industry and consumers," Dr. Salmon says.

Dr. Salmon says poultry producers and feed manufacturers should be aware of all the implications of dietary protein levels when making their feeding programs in order to avoid unnecessary losses in meat production.

The scientist is continuing his research this year.

ENSILED BARLEY HEADS FOR LIVESTOCK FEED

Ensiled barley heads can be used as an energy livestock feed, research by Agriculture Canada scientists indicates.

"Beef producers in western United States already use ensiled, chopped heads of cereal grains as feed," says Paul Burgess, an animal nutritionist at the department's Fredericton, N.B., Research Station.

"This type of energy feed might also be suited to the Maritimes and other regions of the country."

Such a feed offers several benefits to producers. Existing silage technology and feeding programs can be used and the barley can be harvested near the end of July with normal forage harvesting.

"For areas such as the Saint John river valley where migrating birds are a problem, the barley is harvested well before the birds arrive, reducing field losses," Dr. Burgess says.

Over the past two years, the researcher has been studying the use of barley head chop as an energy feed for milking cows. The results have been encouraging.

Although it took the cows about a month to adjust to the new feed, his research showed that 22 kg of barley head chop will support daily milk yields of about 20 kg.

The barley head chop did reduce the amount of grass silage the cows ate. This was partly because of the straw harvested along with the barley.

"To produce the highest energy feed from barley head chop, it is important to minimize the amount of straw harvested," Dr. Burgess says.

To produce barley head silage required modifying a forage harvester and careful selection of the barley cultivar grown.

Dr. Burgess used a forage harvester modified to cut at 70 cm off the ground, reducing the amount of straw harvested.

The researchers also used the barley cultivar Perth. A strong-strawed variety is essential. The heads must also be erect at harvesting time and a smooth awned variety is important to prevent the animals developing sore mouths.

Normal field recommendations were followed. The barley was harvested at about 35% dry matter and when the kernels were at the late dough stage. The resulting silage dry matter had 10% protein and total digestible nutrient level of 65%. No preservatives were added to the silage.

The researcher is encouraged by the results and has extended his research to include wheat silage this year. Feeding tests over the winter will take place using this wheat silage.

ner à la viande un goût et une senteur de poisson, une fois cuite.

Par ailleurs, des spécialistes de la nutrition des volailles viennent tout juste de découvrir que les protéines peuvent aussi modifier le rendement en viande.

«Lors d'études menées sur des dindons lourds, nous avons observé que la carence protéique des régimes alimentaires entravait non seulement la croissance des sujets, mais qu'elle réduisait aussi leur rendement en viande comestible tout en augmentant la proportion d'os et de gras», explique Ray Salmon, spécialiste de la nutrition des volailles de la Station de recherches d'Agriculture Canada, à Swift Current (Saskatchewan).

Les études de M. Salmon montrent que la perte de viande comestible peut atteindre jusqu'à deux pour cent sur une même carcasse. Les gros dindons auxquels on a servi des rations à faible teneur protéique ont donné environ 225 grammes de viande de moins, par carcasse, que les oiseaux ayant reçu suffisamment de protéines. Chez les poulets à griller, la perte de viande comestible s'élevait à environ 30 grammes.

«Bien que ces quantités semblent négligeables, elles représentent une perte considérable pour l'industrie et les consommateurs, si l'on tient compte des millions de dindons et de poulets abattus chaque année au Canada», souligne M. Salmon.

Ce dernier tient à ce que les aviculteurs et les fabricants d'aliments de bétail connaissent tous les effets des dosages protéiques lorsqu'ils élaborent leur programme d'alimentation, afin d'éviter des pertes inutiles dans la production de viande.

La scientifique poursuit ses recherches cette année.

UTILISATION DES ÉPIS D'ORGE ENSILÉS COMME ALIMENT DU BÉTAIL Selon des études récentes effectuées par des chercheurs du ministère de l'Agriculture du Canada, on peut utiliser les épis d'orge ensilés comme aliment nutritif pour le bétail.

«Les producteurs de bœuf de l'Ouest des États-Unis utilisent déjà des épis de céréales ensilés hachés comme aliment du bétail», explique M. Paul Burgess, spécialiste de la nutrition des animaux à la station fédérale de recherches agricoles de Fredericton (N.-B.).

«Ce type d'aliment nutritif pourrait également convenir aux provinces maritimes et à d'autres régions du pays», d'ajouter M. Burgess.

Cet aliment offre plusieurs avantages pour les producteurs. On peut se servir des techniques d'ensilage et des programmes d'alimentation existants et l'orge peut être récoltée vers la fin juillet, en même temps que le fourrage ordinaire.

«Un autre avantage de cette culture dans des régions comme la Vallée de la Saint-Jean, où les oiseaux migrateurs présentent un problème, réside dans le fait que l'orge se récolte bien avant les migrations, minimisant ainsi les pertes», de déclarer M. Burgess.

Durant les deux dernières années, le chercheur a étudié l'utilisation des épis d'orge hachés comme aliment nutritif pour les vaches laitières. Les résultats sont encourageants.

Bien qu'il a fallu environ un mois pour que les vaches s'habituent au nouvel aliment, l'étude démontre que 22 kilogrammes d'épis d'orge hachés permettent une production laitière quotidienne de 20 kilogrammes.

ARTIFICIAL INSEMINATION PROGRAM FOR P.E.I. SWINE Prince Edward Island hog producers are receiving access to some of the best swine bloodlines in Canada through a cooperative artificial insemination (A.I.) program with Agriculture Canada.

Under the federal department's productivity enhancement program for P.E.I., up to $120,000 is being provided to the P.E.I. Swine Breeders Association over the next two years. The purpose of the project is to help improve the quality and productivity of island hogs.

"Excessive back fat is a genetic problem in island hogs that can be removed through greater use of superior sires offered through A.I.," says W.B. MacPhail, president of the swine breeders association.

"Although it is a relatively new technology here, and not always a sure thing, three-quarters of island purebred breeders are now using the program and several commercial breeders are trying it for the first time."

K.G. LeClair, technician for the project, is demonstrating A.I. techniques to interested farmers. Mr. MacPhail sees the program as an educational tool that will pay off in improved management and breeding selection.

"With A.I., there is more emphasis on making educated choices in breeding stock. That requires more planning to decide just what characteristics are desired in the boar and identifying the sow, based on its traits, to get the best results," Mr. MacPhail says.

"Since our chances of complete freedom from disease are very high through semen provided by the Ontario A.I. unit, breeders are also more conscious of disease control and are turning to closed herds."

Both Mr. MacPhail and Mr. LeClair are optimistic about the acceptance of A.I. technology on P.E.I.

"The ultimate test of the application of swine A.I. to the island industry is, of course, how well A.I. animals stand up to those already in the barn when they are tested under the federal-provincial Record of Performance program," Mr. MacPhail says.

"If they perform well out of the finishing barn, these gains will be passed on to the farrowing barn, helping increase the productivity of island hogs."

L'utilisation d'épis d'orge hachés a aussi entraîné une réduction de la consommation d'ensilage de graminées, à cause de la paille qui accompagne les épis d'orge.

«Il est important de limiter la quantité de paille récoltée de façon à produire l'aliment le plus nutritif possible», de préciser M. Burgess.

Pour produire cet aliment, il a été nécessaire de modifier une récolteuse de fourrage et de choisir avec soin la variété d'orge à cultiver.

M. Burgess a utilisé une récolteuse de fourrage modifiée pour couper à 28 pouces du sol, de façon à réduire la quantité de paille récoltée.

Les chercheurs ont utilisé la variété d'orge Perth, la résistance de la tige étant un caractère essentiel. Par ailleurs, les épis doivent être dressés au moment de la récolte et il est important que la variété ait des barbes lisses afin d'éviter que les animaux ne souffrent d'ulcérations de la bouche.

On a suivi les recommandations de culture normales. L'orge a été récoltée à environ 35 % de matière sèche et lorsque les grains étaient au stade pâteux tardif. L'ensilage obtenu avait une teneur de 10 % en protéines et une teneur totale en matière sèche de 65 %. Aucun agent de conservation n'a été ajouté à l'ensilage.

Le chercheur, encouragé par les résultats, a étendu ses recherches à l'ensilage de blé, dont les essais d'alimentation auront lieu cet hiver.

Canada